

Skelettale und dentoalveoläre Änderungen
bei der kieferorthopädischen Behandlung
mit der Bionatormodifikation
nach ASCHER
- Eine kephalometrische Langzeitstudie -

Anton Euba

Diss
München
1986



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554619_0045

Aus der Fachpraxis für Kieferorthopädie
Connollystr. 4, 8000 München 40
Prof. Dr. Ingrid Janson

Skelettale und dentoalveoläre Änderungen
bei der kieferorthopädischen Behandlung
mit der Bionatormodifikation nach ASCHER
- Eine kephalometrische Langzeitstudie -

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Anton Euba
aus
Hörzhausen

München 1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Ingrid Janson
Mitberichterstatter: Prof. Dr. F. Ascher
Prof. Dr. A. Stahl
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 29. April 1986

In Dankbarkeit meinen lieben Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURSTUDIUM	4
2.1. Zur Bedeutung der Funktionskiefer-orthopädie, insbesondere der Bionator-modifikation nach ASCHER	4
2.2. Neuere Untersuchungen zur Wirkungsweise des Aktivators	10
3. FRAGESTELLUNG	24
4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	25
4.1. Material	25
- Bionatorgruppe (Gruppe I)	
- Gruppe mit Zusatzbehandlung (Gruppe II) = Vergleichsgruppe	
4.2. Untersuchungsablauf	26
- Anfangsbefund - Angle-Kl. II: A = erster Zeitpunkt	
- Zwischenbefund - Angle-Kl. I: B = zweiter Zeitpunkt	
- Endbefund - Angle-Kl. I: C = dritter Zeitpunkt	
- Kontrollbefund - Angle-Kl. I: D = vierter Zeitpunkt	
4.3. Methode	32
4.3.1. Vermessung des Fernröntgenseitenbildes (FRS)	32
4.3.1.1. Technische Daten der Herstellung	32
4.3.1.2. Hilfsmittel bei der Auswertung	33
4.3.1.3. Kephalometrie nach HASUND	36
- Referenzpunkte	
- Referenzlinien	
- Strecken- und Winkelmessungen	

	Seite
4.3.2. Statistisches Vorgehen	51
4.4. Ergebnisse	55
4.4.1. Mittelwerte, Standardabweichungen und Spannweiten der gemessenen kephalometrischen Variablen zu allen vier Zeitpunkten für Bionatorgruppe und Gruppe mit Zusatzbehandlung	55
4.4.2. Homogenitätsprüfungen aller vier Zeitpunkte für Bionatorgruppe und Gruppe mit Zusatzbehandlung	62
4.4.3. Differenzen	64
4.4.3.1. in der Bionatorgruppe zwischen - erstem und zweiten Zeitpunkt - zweitem und dritten Zeitpunkt - drittem und vierten Zeitpunkt	64
4.4.3.2. in der Gruppe mit Zusatzbehandlung zwischen - erstem und zweiten Zeitpunkt - zweitem und dritten Zeitpunkt - drittem und vierten Zeitpunkt	67
4.4.4. Differenzen zwischen Bionatorgruppe und Vergleichsgruppe, differenziert dargestellt für alle gemessenen kephalometrischen Variablen	73
5. DISKUSSION	83
5.1. Kritische Betrachtung aller kephalometrischen Variablen beider Gruppen zu allen vier Zeitpunkten	83
5.2. Kritische Gegenüberstellung zu vergleichbaren Daten in der Literatur	89
6. SCHLUSSFOLGERUNGEN	96
7. ZUSAMMENFASSUNG	99
8. LITERATURVERZEICHNIS	103
9. ANHANG	113
9.1. Tabellen	114
9.2. Graphiken	124
10. DANKSAGUNG	132

1. EINLEITUNG

Das klinische Bild einer Angle-Klasse II-Malokklusion gehört zu den häufigsten Abweichungen im stomatognathen System. Das Vorkommen der Klasse II-Malokklusion (Abb. 1) wird unter allen Kiefer- und Zahnfehlstellungen in der Literatur von KANTOROWICZ und KORKHAUS 1925, 1926 (57) mit 90%, von BAHNEMANN 1969 (10) mit 85% angegeben.

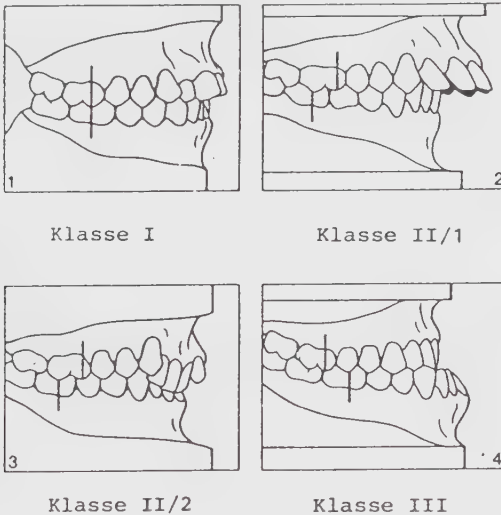


Abb. 1: Modellanalytische Bestimmung der Okklusion in der Sagittalebene, entnommen aus: STOCKFISCH, Rationale Kieferorthopädie (99)

Neben den dentoalveolären Unstimmigkeiten können auch basale Disharmonien vorliegen. Dann ist für die kieferorthopädische Behandlung die Frage nach dem Wachstum von größter Bedeutung. Insbesondere sind dabei die kom-

plexen Rotationsprozesse, die im Laufe der normalen und anomalen Unterkieferentwicklung stattfinden, von Interesse (BJÖRK (21), HASUND (38), LAVERGNE und GASSON (65). (Abb. 2)

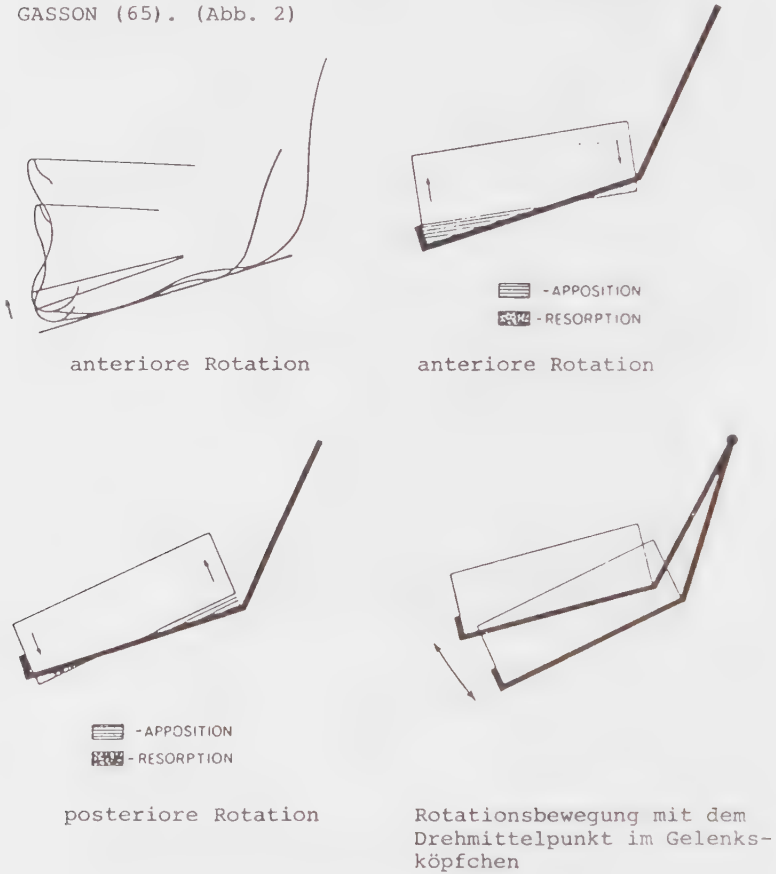


Abb. 2: Rotationsbewegungen der Mandibula nach BJÖRK und SKIELLER (21)

Zur Beseitigung der Klasse II-Malokklusion steht dem Kieferorthopäden eine große Anzahl von apparativen Behelfen zur Verfügung. Besondere Aufmerksamkeit gebührt in diesem Zusammenhang von jeher der sog. Funktionskieferorthopädie, die mit Hilfe abnehmbarer bi-maxillärer Geräte durchgeführt wird (GRABER (34, 35), PETROVIC (78), RAKOSI (82), WITT (109)).

Therapeutisches Ziel ist es, mit diesen Geräten den sagittalen und vertikalen Bißausgleich zu erreichen bei korrekter Beachtung der Mittellinie. Bei der Behandlung wird zwischen dentoalveolären und basalen Behandlungsaufgaben unterschieden, je nach vorliegendem primären Befund. Über die neben der dentoalveolären Reaktion gleichzeitig zu beobachtenden basalen Reaktion im Sinne einer mandibulären Enthemmung der Wachstumsprozesse (ASCHER (9)) resp. einer mandibulären Wachstumsadaptation (HASUND (38)) gab und gibt es bis heute kontroverse Ansichten. Das Spektrum reicht von unbegrenztem Glauben an die Möglichkeit mit Hilfe der Funktionskieferorthopädie mandibuläres Wachstum zu stimulieren (z.B. ANDRESEN (4), WEISE und HÄUPL (104), HAUSSER (40), HERREN (42), KARWETZKY (60) u.a.m.) bis hin zur totalen Ablehnung (z.B. BJÖRK (20), HARVOLD (37), AHLGREN (2), JACOBSSON (47) u.a.m.). Zahlreiche Untersuchungen klinischer Art, mit Hilfe von Modellen und Röntgenbildern sowie an Tieren, z.B. KOMPOSCH (63), LIEB (66), McNAMARA (70), STÖCKLI (96, 97), versuchten mehr Klarheit für die vielen Fragen und Unsicherheiten zu erbringen. Besonders hervorzuheben sind hier jene Untersuchungen, die neben den mit funktionskieferorthopädischen Geräten behandelten Patienten auch unbehandelte Probanden zum Vergleich untersuchen konnten. Dabei mußte die Homogenität der Anfangsbefunde sowohl bezüglich Gesichtstyp als auch bezüglich skelettaler Reife beachtet werden (HARVOLD und VARGERVIK (37), QUARNSTRÖM (81), JANSON (50), PANCHERZ (77) u.a.m.).

2. LITERATURSTUDIUM

2.1. Zur Bedeutung der Funktionskieferorthopädie, insbesondere der Bionatormodifikation nach ASCHER

Die Funktionskieferorthopädie sieht sich nach ASCHER als eine Ganzheitsphilosophie, die den „oralen Bereich in den körperlichen und seelischen Gesamthaushalt des Menschen stellt" (ASCHER 1984 (9), BALTERS 1973 (13)). Diese spezielle kieferorthopädische Therapieform versucht, die Okklusionsbeziehung der Zahnreihen, die Zahnbogenformen und die Achsenstellung der Zähne im Front- und Seitenzahngebiet durch gezielte Einflußnahme auf die das Zahnsystem umgebende Muskulatur (Lippen-, Wangen-, Zungenmuskulatur) zu verändern.

Die Geschichte der Funktionskieferorthopädie beginnt wohl mit W. ROUX 1893 (85), dem Begründer der sogenannten Entwicklungsmechanik. ROUX definierte Begriffe wie Funktion, funktioneller Reiz und funktionelle Anpassung und forderte, daß die Orthopädie "in erster Linie funktionelle Orthopädie sein müsse".

Der Monobloc von ROBIN 1902 (84) kann als erste Funktionskieferorthopädische Apparatur angesehen werden. Dieser Monobloc, der sowohl Unter- wie auch Oberkiefer umfaßte und keine Befestigungs- und aktiven Zusatzelemente aufwies, lag locker und passiv im Mund und diente als Übertragungshilfe der Muskelkräfte.

Unter den Begriffen "ANDRESEN-Apparatur" oder "norwegisches System" fand eine Konstruktion von ANDRESEN 1932 (4) Eingang in die tägliche Praxis. HÄUPL, der die

"ANDRESEN-Apparatur" "Aktivator" nannte, führte dieses Gerät vor allem im deutschsprachigen Raum ein. Bis heute zählen die Aktivatoren zu den am weitesten verbreiteten kieferorthopädischen Apparaturen.

In der Folgezeit wurde der Aktivator in vielfältiger Weise modifiziert. Unter anderem sind anzuführen:

- der "Propulsor" nach MÜHLEMANN 1948 (74)
- der "Impulsator" aus weichbleibendem Spezialkautschuk nach TEGTMEIER 1950 (100)
- der "Kinotor" nach STOCKFISCH 1953 (98)
- der "offene elastische Aktivator" nach KLAMMT 1953 (62)
- der "elastische Gebißformer" nach BIMLER 1954 (15)
- der Aktivator mit sagittaler Nachstellschraube nach SIEMONS 1954 (91)
- der "Federbügelaktivator" nach SCHWARZ 1954 (90)
- der "Distalbißaktivator" nach HERREN 1955 (41)
- der "Bionator" nach BALTERS 1960 (12)
- der "Funktionsregler" nach FRÄNKEL 1964 (32)
- die Bionatormodifikation nach ASCHER 1964 (6)
- der "U-Bügelaktivator" nach KARWETZKY 1964 (58)
- der Aktivator mit einem bimaxillären Labialbogen nach ESCHLER 1967 (30)
- der "Bioaktivator" nach Biourge 1968 (16)
- die Aktivatormodifikation nach WOODSIDE, REED, DOUCET und THOMPSON 1969 (111)
- der "Monobloc" nach HOTZ 1970 (45)
- der "Bioaktivator" nach DAHAN 1970 (24)
- das "funktionskieferorthopädische Skelettgerät H.G." nach HOFFER und GOLA 1971 (43)
- der "FKO-Kybernetor" nach SCHMUTH 1973 (88).

Trotz der vielfältigen Gerätekonstruktionen beinhalten alle Apparate die gemeinsame Idee, durch Steuerung der

muskulären Elemente physiologische Kräfte für die Umformung der Zahnstellung innerhalb der Zahnreihe intramandibulär und intramaxillär sowie intermaxillär im dentoalveolären und basalen Bereich zu aktivieren (STAHL 1961 (93)).

ASCHER modifizierte den Bionator nach BALTERS (Abb. 3). Das zierliche Gerät konnte neben der Nacht auch tagsüber getragen werden, weil ein relativ unbehindertes Sprechen möglich ist. Damit kann eine wesentlich längere Tragezeit erzielt werden.

Nach ASCHER sind "die dentalen und skelettalen Unregelmäßigkeiten (Verformungen) im Gebißsystem vorwiegend als Folge einer Wachstumshemmung" anzusehen (6, 8, 9). Diese Wachstumshemmung, "eine Behinderung der Entfaltung des individuell vorliegenden Wachstumspotentials" (9), kann nach ASCHER durch abwegige Funktionsabläufe, Dyskinesen und Parafunktionen verursacht werden. Mitbeteiligt können Atmung, Körperhaltung, Deformitäten der Wirbelsäule, Muskelschwäche, Zunge, Lippenlage und Habits sein.

Bestätigung findet ASCHER bei LINDER-ARONSON 1970 (67), der die Art der Atmung als "oberste Rangstufe der menschlichen Grundfunktion" einstuft: "Die Regulationsvorgänge für Atmung, Haltung und Bewegung sind demnach eine zentrale Aufgabe der Bionator-Therapie".

Wichtigste Voraussetzung für die Wirkung der funktionskieferorthopädischen Apparate ist die sogenannte Konstruktionsbißnahme. Sie bestimmt in den drei Ebenen Sagittale, Vertikale und Transversale die intermaxilläre Einstellung von unterer zu oberer Zahnreihe (JANSON 1977 (50)).



Abb. 3a: Der Bionator nach BALTERS in der
Modifikation nach ASCHER

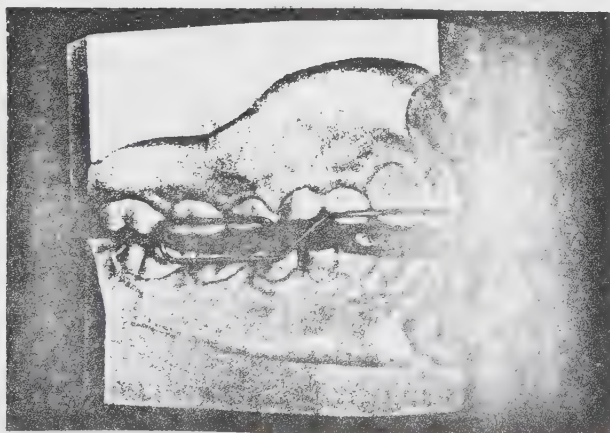


Abb. 3b: Die Bionatormodifikation nach ASCHER
auf dem Modell

Nach ASCHER soll der Unterkiefer eine Position innerhalb der physiologischen Ruheschwebelage einnehmen, im Frontzahnbereich sollte eine Bißsperrung von ca. 2 mm vorliegen und die Eckzähne sollen in neutraler Relation verzahnt sein (ASCHER 1984 (9)).

Zusätzlich ist nach ASCHER der sogenannte Mundschluß zu fordern. Nur bei geschlossenem Mund und guter Nasenatmung ist das gewünschte Gleichgewicht zwischen innerer und äußerer Muskulatur zu erreichen.

Zur Konstruktionsbißnahme sind eine Reihe von Varianten beschrieben (HERREN 1980 (42), HARVOLD 1974 (36), WOODSIDE 1973 (111)). Mit Hilfe des Konstruktionsbisses soll nach AHLGREN 1980 (2), SANDER 1976 (87) und SCHMUTH 1983 (88) das funktionskieferorthopädische Gerät so gestaltet werden, daß beim Tragen des Gerätes Muskelkräfte freigesetzt werden. Die Kräfte entstehen dadurch, daß die angespannte Muskulatur versucht, ihre ursprüngliche Position wieder einzunehmen. Dies wird aber durch das locker im Mund sitzende funktionskieferorthopädische Gerät verhindert. Die Muskelkräfte werden entweder durch Funktion oder durch Stretchwirkung hervorgerufen. Die entstehenden Kräfte werden über die Apparatur auf die Zahnreihen übertragen und wirken auf diese Art und Weise umformend.

Für die Abklärung der genauen Wirkungsweise funktionskieferorthopädischer Geräte ist die Frage nach dem individuell vorliegenden Wachstum (Zeit, Potential und Richtung) von wesentlicher Bedeutung (BJÖRK 1972 (20), INGERVAL 1974 (46), STÖCKLI 1975 (97), FLEISCHER-PETERS 1978 (31)).

Bei der skelettalen Entwicklung des Gesichtsschädels gibt es Zeiträume mit moderatem und Zeiträume mit ausgeprägtem

Wachstum (sog. pubertäre Phase). Bei Mädchen tritt die Pubertät in der Regel ein bis zwei Jahre früher ein als bei Jungen (Beginn der pubertären Phase bei den Mädchen etwa zwischen dem 12. und 14. Lebensjahr).

Bei der Richtung und der Größe des viszerokraniellen Wachstums gibt es große Variationsbreiten (ØDEGAARD 1970 (75), HASUND 1973 (39), LAVERGNE und GASSON 1976 und 1982 (64, 65), BJÖRK 1984 (21, 22). Verschiedene Autoren beschreiben ein differenziertes Wachstum, da nicht alle Teile des Gesichtsschädels dem gleichen Wachstumsmuster folgen (BJÖRK 1947 (18), STEINER 1953 (95), I. JANSON 1974 (48) und DROSCHL 1984 (27):

Für die Einschätzung des Erfolges einer funktionskieferorthopädischen Behandlung ist das zu erwartende Wachstumsverhalten der Mandibula von besonderer Bedeutung. Nur bei einer eher sagittalen Wachstumskomponente ist ein befriedigendes Behandlungsergebnis zu erwarten, nicht jedoch bei einer eher vertikalen Wachstumskomponente.

Auch im Erwachsenenalter kann ein entsprechend modifizierter Bionator zur Beseitigung von dysfunktionellen Störungen der Unterkieferfunktion oder zur Entlastung von entzündlich veränderten Gelenksbereichen eingesetzt werden (M. JANSON 1981, 1985 (54, 55)), jedoch ohne Effekte bezüglich des Wachstums.

PANCHERZ 1984 (77) weist in einer Untersuchung auf die Bedeutung der Normalisierung von Mund- und Gesichtsmuskulatur für die Stabilität von mit kieferorthopädischen Geräten erzielten Behandlungsergebnissen hin. Außerdem berichtet PANCHERZ, daß eine befriedigende Okklusion auch in der Lage ist, eine Normalisierung von Dysfunktionen (Atmung, Mundschluß, Schlucken) herbeizuführen.

2.2. Neuere Untersuchungen zur Wirkungsweise des Aktivators

PFEIFFER und GROBETY 1972 (80)

kommen in einer klinischen Studie von Klasse II/1-Patienten im Wechselgebiß zu dem Ergebnis, daß eine Kombinationsbehandlung mit Aktivator und Headgear bessere Ergebnisse bringt als die Summe der Einzelwirkungen von Aktivator oder Headgear allein.

Der von PFEIFFER und GROBETY verwendete Aktivator besitzt folgende Modifikationen:

- Die lingualen Kunststoffflügel sind gegenüber dem herkömmlichen Aktivator um ca. 7-8 mm verlängert; dies bewirkt eine verbesserte Retention des Gerätes.
- In der Mitte des Labialbogens ist ein Sporn angebracht, der bei eingesetztem Gesichtsbogen ein Herausfallen des Aktivators in der Nacht erschwert.

Die Autoren weisen darauf hin, daß die okklusalen Flächen der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer nicht völlig freigeschliffen werden dürfen. Ansonsten ist eine Extrusion dieser Zähne zu befürchten, die zu einer unerwünschten posterioren Rotation der Mandibula führen könnte.

PFEIFFER und GROBETY untersuchen 39 Patienten mit skeletaler Klasse II/1-Malokklusion. Bei Behandlungsbeginn sind die Patienten 8-9 Jahre alt.

Nach durchschnittlich 1 1/2 Jahren Behandlungsdauer kommen die Autoren zu folgenden Ergebnissen:

- Der ANB-Winkel verringert sich signifikant um 2,5° (von 6° auf 3,5°); während beim SNB-Winkel nur eine leichte Zunahme zu verzeichnen ist, verringert sich

der SNA-Winkel um $2,2^\circ$; dies wird als "Verlagerung der gesamten Maxilla nach distal" bezeichnet.

- Der Oberkiefergrundebenen- und der Mandibularebenenwinkel verändern sich nur geringfügig; der Aktivator konnte also die unerwünschten Nebenwirkungen des zervikalen Gesichtsbogens weitgehend kompensieren.
- Dentoalveolär ist eine Vergrößerung des Interinzisalwinkels und eine starke Distalisierung der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer festzustellen.
- Das Weichteilprofil verbessert sich deutlich.

Die Kombinationsbehandlung wird bis zum Durchbruch aller bleibenden Zähne fortgesetzt. Bei Bedarf folgt dann eine Behandlung mit festsitzenden Geräten (z.B. mit Edgewise-Technik).

I. JANSON 1977 (50)

führt eine Studie an 207 Probanden mit Klasse II-Malokklusion durch. Einer Behandlungsgruppe mit 134 Patienten, die mit der Bionatormodifikation nach ASCHER behandelt wurde, stand eine unbehandelte Vergleichsgruppe (73 Probanden) gegenüber. Die beiden Gruppen zeigten im Ausgangsbefund homogene Werte. Differenziert werden die Gruppen entsprechend der skelettalen Reife (Handröntgenbefund) in vorpubertäre und pubertäre Fälle und aufgrund der Fernröntgenanalyse nach HASUND, abhängig vom Wert des Winkels SNA, in orthognathe und retrognathe Gesichtstypen.

JANSON erzielt mit der Bionatormodifikation nach ASCHER deutliche Erfolge im klinischen Befund. Im skelettalen Bereich zeigt die Gegenüberstellung von Vergleichs- und Behandlungsgruppen, daß die Bionatorbehandlung keine

Veränderung des natürlichen Wachstumsmusters zu bewirken vermag. Die kephalometrischen Messungen der dentoalveolären Werte bestätigten die klinisch sichtbaren Veränderungen, wobei hier deutliche Unterschiede zwischen Vergleichs- und Behandlungsgruppen zu Tage traten.

Die getrennte Betrachtung von vorpubertären und pubertären Behandlungsgruppen ergibt, daß die dentoalveoläre Wirkung der Bionatormodifikation vor der Pubertät größer ist als in der Pubertät. Die Aufteilung nach den hier differenzierten Gesichtstypen ergibt keine unterschiedliche Beeinflussung.

Der Bionator ist nach JANSON zur Behebung von Malokklusionen mit skelettaler Harmonie und dentoalveolärer Dysharmonie während der gesamten Wachstumsphase einsetzbar. Auch bei skelettalen Diskrepanzen ist ein Behandlungserfolg zu erwarten, wenn von Natur aus ein gutes anteriores Wachstumspotential für den Unterkiefer vorhersehbar ist.

Außerdem wird die positive Wirkung des Bionators auf die umgebenden Weichteile (Wange, Zunge, Mundbodenmuskulatur), auf den Mundschluß und damit auch auf die Atmung, besonders betont.

WIESLANDER/LAGERSTRÖM 1979 (105)

vergleichen 30 mit der ANDRESEN-Apparatur behandelte Klasse II-Patienten mit einer Kontrollgruppe von ebenfalls 30 Patienten. Das Durchschnittsalter der Probanden beträgt 10 Jahre, die mittlere Behandlungsdauer 3 Jahre. Für die Behandlungsgruppe wurden aus-

schließlich Nicht-Extraktionsfälle mit einer guten Reaktion auf die Behandlung ausgewählt.

Die kephalometrische Auswertung zeigt, daß der Aktivator vornehmlich auf den dentoalveolären Bereich Einfluß nimmt. Darauf führen WIESLANDER und LAGERSTRÖM auch das Erreichen einer Klasse I-Okklusion zurück. Die Oberkieferinzisivi werden retrudiert, eine von anderen Autoren oft gefundene Protrusion der Unterkieferfront wird nicht beobachtet.

Skelettal vergrößert sich der Mandibularebenenwinkel und damit auch die untere Gesichtshöhe. Der ANB-Winkel nimmt um $0,9^\circ$ ab. Für die Position des Pogonions und die Länge des Unterkiefers ist kein deutlicher Unterschied zwischen Behandlungs- und Vergleichsgruppe nachweisbar.

BASS 1982 (14)

entwickelt zur Behandlung einer Klasse II-Malokklusion eine Apparatur, die Ergebnisse von tierexperimentellen Studien (u.a. von McNAMARA und PETROVIC) berücksichtigt. Bei mit Protrusionsschienen behandelten Versuchstieren konnten Unterkieferwachstumsadaptationen nachgewiesen werden. Vor allem PETROVIC vertritt die Ansicht, daß diese Adaptationen auch beim Menschen auftreten.

BASS verwendet eine Apparatur, bei der die Okklusionsflächen der Oberkieferzähne von einer Akryl-Grundplatte bedeckt werden. Im Bereich der Oberkiefer-Inzisivi ist ein Torque-Bügel angebracht, der diese Zähne palatinalwärts bewegt. Im Seitenzahnbereich sind Haltevorrichtungen für Weichteilschilder und Röhrchen zur Befestigung

des Unterkiefermechanismus' angebracht. Dieser besteht aus einem Lingualbügel mit Akrylkissen im Bereich der Eckzähne. Die Akrylkissen sollen eine Stimulierung des Unterkieferhorizontalwachstums bewirken, indem sie den Unterkiefer in einer anterioren Position halten.

Der Unterkiefermechanismus wird alle sieben Wochen etwas nach anterior verstellt, um so den "neurogenen Rückkoppelungsmechanismus" zu aktivieren.

Der extraorale Behelf besteht aus einem Headgear mit kurzen Außenarmen, die entweder im Bereich der Prämolaren oder der seitlichen Schneidezähne ansetzen. BASS weist darauf hin, daß die Zugrichtung des Headgears so eingestellt werden muß, daß eine posteriore Rotation der Maxilla vermieden wird. Zu beachten ist, daß mit dem extraoralen Gerätezusatz ein Mundschluß nur sehr bedingt möglich ist.

Ziel der Behandlung ist eine Hemmung des nach vorne unten gerichteten Oberkieferwachstums und die Stimulierung des horizontalen Unterkieferwachstums. Gleichzeitig sollen Weichgewebisdysfunktionen ausgeschaltet werden.

Nach etwa einjähriger Behandlung mit der oben beschriebenen herausnehmbaren Apparatur und dem Headgear zeigen von BASS dokumentierte Patientenbeispiele eine deutliche Verbesserung der sagittalen Diskrepanz der Kieferbasen; diese ist überwiegend auf eine Zunahme des SNB-Winkels zurückzuführen. Außerdem sind im Seitenzahnbereich eine Klasse I-Verzahnung und Korrekturen von Schneidezahnfehlstellungen festzustellen. Die Feineinstellung der Okklusion wird anschließend mit festsitzenden Apparaturen (Edgewise) vorgenommen. 4 - 5 Jahre nach Absetzen

des Kombinationsgerätes kann BASS stabile Behandlungsergebnisse dokumentieren; bei keinem der vorgestellten Fälle erfolgte ein Rezidiv.

OWEN 1983 (76)

weist in einer Untersuchung an 50 mit dem Funktionsregler nach FRÄNKEL behandelten Patienten (Klasse I, II oder III) mit Hilfe von Frontalröntgenbildern nach, daß die FRÄNKEL-Apparatur auch in der Transversalen Auswirkungen zeigt. Die Weite der Nasenhöhle, des Oberkiefers, des Unterkiefers und die transversalen Abstände von Eckzähnen und Molaren vergrößern sich während der Behandlung.

JONAS 1984 (56)

untersucht an 50 erfolgreich behandelten Klasse II/1-Fällen (Nichtextraktionsfälle), die durch Headgear bzw. Aktivator hervorgerufenen Veränderungen. Jeweils 25 Patienten wurden mit dem Aktivator (durchschnittliche Behandlungsdauer 29 Monate) oder mit dem Headgear (durchschnittliche Behandlungsdauer 22 Monate) behandelt. Die Probanden waren zu Behandlungsbeginn 9 - 10 Jahre alt.

Der ANB-Winkel bei der Aktivatorgruppe reduziert sich um $1,1^\circ$; diese Verringerung ist ausschließlich auf eine Zunahme des SNB-Winkels zurückzuführen, der SNA-Winkel bleibt konstant.

Die Differenzierung der Aktivatorgruppe in Patienten mit eher horizontalem und Patienten mit eher vertikalem Gesichtsschädelaufbau zeigt deutliche Unterschiede:

- Beim vertikalen Typ nimmt der SNA-Winkel um $1,2^\circ$ und der SNB-Winkel um 1° zu; daraus resultiert eine Vergrößerung des ANB-Winkels um $0,2^\circ$;
- Beim horizontalen Typ verkleinert sich der SNA-Winkel hochsignifikant um $0,8^\circ$ und der SNB-Winkel vergrößert sich deutlich um $1,7^\circ$; damit verkleinert sich der ANB-Winkel um $2,5^\circ$.

Bei den 25 mit Headgear behandelten Patienten verringert sich der ANB-Winkel um durchschnittlich $1,3^\circ$. Der SNA-Winkel reduziert sich um $1,2^\circ$, der SNB-Winkel bleibt nahezu konstant (Zunahme um $0,1^\circ$). Die Differenzierung nach dem Gesichtsschädelaufbau zeigt bei der Headgeargruppe keine deutlichen Unterschiede.

JONAS schreibt dem Aktivator günstigere Profilveränderungen zu als dem zervikalen Headgear. Eine Harmonisierung des Weichteilprofils ist ihrer Meinung nach, unabhängig vom Behandlungsmittel, aber nur bei horizontalem Wachstumstrend wahrscheinlich.

PANCHERZ 1984 (77)

versucht mit Hilfe der Kephalometrie die Mechanismen der Veränderung der Okklusionsverhältnisse in anterior-posteriorer Richtung während der Behandlung mit dem Aktivator zu ergründen. Er untersucht eine Gruppe von 30 Patienten mit Klasse II/1-Malokklusion, bei denen die Aktivatorbehandlung zum Erfolg führte (mittleres Alter der Patienten bei Behandlungsbeginn: 10 Jahre 10 Monate; durchschnittliche Behandlungsdauer: 2 Jahre 8 Monate).

Aufgrund der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern vor und nach der Behandlung kommt Pancherz zu folgenden Ergebnissen:

- Die Verbesserung der Okklusion in sagittaler Richtung wird zu gleichen Teilen von skelettalen und von dento-alveolären Veränderungen herbeigeführt; dabei gibt es beträchtliche individuelle Variationen.
- Die Korrektur des sagittalen Overjets ergibt sich zum einen aus einem vermehrten Unterkieferwachstum und zum anderen aus einer Distalbewegung der Oberkiefer-schneidezähne.
- Die Korrektur der Klasse II im Molarenbereich entsteht aus dem vermehrten Unterkieferwachstum, einer Mesialbewegung der Unterkiefermolaren und einer leichten Distalbewegung der Oberkiefermolaren.

Aus dem Vergleich mit einer Gruppe von Patienten mit Klasse I-Okklusion schreibt PANCHERZ dem Aktivator folgende Wirkungen zu:

- Hemmung des Oberkieferwachstums,
- Distalisierung der Oberkieferinzisivi und -molaren,
- Mesialisierung der Unterkieferinzisivi und -molaren.

Eine Stimulierung des Unterkieferwachstums kann PANCHERZ nicht nachweisen. Für genauere Schlußfolgerungen wäre nach PANCHERZ ein Vergleich der Behandlungsgruppe mit unbehandelten Klasse II-Patienten erforderlich.

VARGERVIK/HARVOLD 1985 (101)

vergleichen eine mit einem speziellen Aktivator behandelte Patientengruppe mit einer Kontrollgruppe. Sie kommen dabei u.a. zu folgenden Ergebnissen:

- Der Aktivator bewirkt eine signifikante Wachstums-
hemmung des Oberkiefers.

- Auf die Position der Oberkiefermolaren hat der Aktivator keinen erkennbaren Einfluß.
- Auch in Bezug auf das Höhenwachstum des Oberkieferalveolarfortsatzes kann kein Einfluß der kieferorthopädischen Apparatur dokumentiert werden.
- Das Längenwachstum des Unterkiefers wird durch den Aktivator gefördert. Dieses vermehrte Längenwachstum kann jedoch nicht mit Signifikanz belegt werden.
- Für die Unterkiefermolaren und -schneidezähne, das Pogonion, das Weichteilpogonion, die Unterlippe und den labiomentalen Sulkus beschreiben VARGERVIK und HARVOLD eine signifikante Mesialbewegung.
- Eine Mesialwanderung wird auch für die Fossa condylaris festgestellt. Die Unterkieferkondylen machen diese Mesialwanderung im gleichen Ausmaß mit, so daß das relative sagittale Verhältnis von Kondylen und Fossa konstant bleibt.

40 Prozent der von VARGERVIK und HARVOLD mit dem Aktivator behandelten Patienten mußten sich einer Weiterbehandlung mit festsitzenden Geräten unterziehen.

REMMER 1985 (83)

untersucht 75 Patienten mit dem klinischen Bild einer Klasse II/1-Malokklusion. Bei keinem der Patienten war eine Extraktion aus kieferorthopädischen Gründen notwendig. Jeweils 25 Probanden wurden mit dem Aktivator nach HARVOLD, mit dem Funktionsregler nach FRÄNKEL oder mit einer festsitzenden Apparatur (Edgewise-Technik) behandelt.

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte nach der Methode von ROOS. Die horizontale Referenzlinie, die sogenannte "X"-Achse, wird durch die Punkte Nasion und Sella

(Sellamittelpunkt) festgelegt. Als vertikale Referenzlinie ("Y"-Achse) dient ein durch den Punkt S gehendes Lot auf die "X"-Achse. A- bzw. B-Punkt werden analog der Kephalometrie nach HASUND definiert.

REMMER stellt bei der "Aktivatorgruppe" eine Zunahme des Abstandes des A-Punktes von der "Y"-Achse um 0,9 mm und bei der "FRÄNKELgruppe" eine Zunahme von 0,3 mm fest. Bei den 25 mit festsitzenden Geräten behandelten Patienten verringert sich dagegen der Abstand des A-Punktes um 0,7 mm.

Der Abstand des B-Punktes von der "Y"-Achse wird in allen drei Gruppen größer. Bei der "Aktivatorgruppe" ist eine Zunahme von 2,1 mm zu verzeichnen, bei der "FRÄNKELgruppe" beträgt die Vergrößerung 1,0 mm und bei den mit festsitzenden Geräten behandelten Patienten fällt sie mit 0,2 mm am geringsten aus. Die Größe der Mesialwanderung des B-Punktes korrespondiert damit in allen Gruppen mit der Entwicklung des A-Punktes.

Bei allen drei Gruppen stellt REMMER eine Retrusion der Oberkieferschneidezähne und eine Protrusion der Unterkieferschneidezähne fest. Die Retrusion der Oberkieferfront fällt mit einer Verringerung des Abstandes der Schneidekante von der "Y"-Achse um 3,7 mm bei der mit festsitzenden Geräten behandelten Gruppe am deutlichsten aus, während sie bei der "Aktivatorgruppe" 2,4 mm und bei der "FRÄNKELgruppe" 2,6 mm beträgt. Der Abstand der Unterkieferfront von der "Y"-Achse erhöht sich bei den funktionskieferorthopädisch behandelten Patienten um 2,8 bzw. 2,4 mm und bei der festsitzend behandelten Gruppe um 1,7 mm.

Für die Unterlippe und das Kinn findet REMMER bei allen Gruppen eine signifikante Mesialentwicklung. Für die

Gruppen untereinander können keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Bei der Oberlippe fällt ein signifikanter Unterschied zwischen der Mesialbewegung um 0,9 mm, bei der "FRÄNKEL-gruppe" und der Distalbewegung um 0,9 mm bei den mit festsitzenden Geräten behandelten Patienten auf. Die Oberlippe bei der "Aktivatorgruppe" bewegt sich durchschnittlich um 0,2 mm mesialwärts.

MESCH 1985 (72)

untersucht an 31 Patienten mit Klasse II-Malokklusion die Veränderungen, die bei der Behandlung mit der Geräte-kombination Bionatormodifikation nach ASCHER und zervikal-er Headgear mit Ansatz an den oberen Sechsjahrmolaren eintreten. Nach der Handröntgenaufnahme wird eine vor-pubertäre und eine pubertäre Gruppe gebildet.

MESCH findet eine hochsignifikante Verkleinerung des ANB-Winkels. In der vorpubertären Gruppe ist dies eher auf eine Hemmung des anterioren Oberkieferwachstums zurück-zuführen, in der pubertären Gruppe dagegen auf eine Zu-nahme des SNB-Winkels.

Der Mandibularebenenwinkel zeigt in beiden Gruppen eine Tendenz zur Verkleinerung, ansonsten bleibt die vertika-le Relation in beiden Gruppen im wesentlichen unverändert.

Im dentoalveolären Bereich stellt MESCH keine signifikan-ten Veränderungen fest. Die Distalisierung der Oberkie-ferseitenzähne ist vorpubertär ausgeprägter als pubertär.

Dem Kombinationsgerät Bionator und Headgear kann nach MESCH ein skelettaler und dentoalveolärer Einfluß zuge-schrieben werden.

McNAMARA 1985 (70)

vergleicht 100 mit dem Funktionsregler Typ 2 nach FRÄNKEL behandelte Klasse II-Patienten mit einer un-behandelten Vergleichsgruppe (40 Patienten mit Klasse II-Malokklusion). Behandlungs- und Vergleichsgruppe werden unterteilt in "younger age group" (Behandlungsbeginn spätestens mit 10 1/2 Jahren) und "older age group" (Behandlungsbeginn mit mindestens 10 1/2 Jahren). Im Vergleich zu anderen Autoren fällt wie bei JANSON die relativ große Fallzahl in den Gruppen auf.

Zwischen den Röntgendokumentationen (erste Aufnahme in der Behandlungsgruppe zu Behandlungsbeginn; mittleres Alter in der Behandlungs- und Vergleichsgruppe etwa 10 Jahre) lagen im Durchschnitt knapp 2 Jahre. Behandlungs- und Vergleichsgruppen können zum Zeitpunkt der ersten Röntgenaufnahme als homogen angesehen werden.

McNAMARA sieht u.a. folgende Wirkungsweisen des Funktionsreglers Typ 2 nach FRÄNKEL:

- Auf die skelettalen Strukturen des Oberkiefers hat die Apparatur keinen nachweisbaren Effekt; der Einfluß auf die Position des A-Punktes ist auf dentoalveoläre Veränderungen zurückzuführen.
- Die Mesialwanderung der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer wird gehemmt,
- die Oberkieferfront wird retrudiert,
- die Unterkieferfront wird protrudiert,
- der Unterkieferkörper wird parallel mesialwärts verschoben, die untere vertikale Gesichtshöhe vergrößert sich deutlich.

Die Unterscheidung in "younger age group" und "older age group" bringt keine wesentlichen Erkenntnisse für die Wirkungsweise des Funktionsreglers.

ERIKSON und HUNTER 1985 (29)

stellen einer Behandlungsgruppe von 34 Patienten mit Klasse II/2-Malokklusion eine unbehandelte Vergleichsgruppe von 15 Klasse II/2-Patienten gegenüber. Eine Differenzierung von Gesichtstyp und Wachstumsreife erfolgt nicht. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß in der Behandlungsgruppe das anteriore Wachstum der Mandibula signifikant größer ist.

ALTUNA und NIEGEL 1985 (3)

befassen sich mit dem Stellenwert des Bionators im Rahmen der Klasse II-Behandlung. Sie verweisen auf die herausragende Wichtigkeit des Konstruktionsbisses, der als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung angesehen werden muß.

Eine geeignete Gerätekonstruktion ermöglicht eine tägliche Tragedauer von nahezu 24 Stunden. Durch geeignetes Einschleifen können die Zähne sowohl mesialisiert und distalisiert als auch extrudiert und intrudiert werden. Durch den Bionator wird der Unterkiefer in eine in allen drei Ebenen des Raumes fixierte Lage zum Oberkiefer gebracht.

Das funktionskieferorthopädische Gerät kann nur dann Erfolg haben, wenn der Patient gut mitarbeitet. Dazu ist aber ein guter und komfortabler Sitz des Gerätes notwendig.

Der Bionator kann nach ALTUNA und NIEGEL bei Klasse II-Patienten eingesetzt werden, bei denen aufgrund von funktionellen, kephalometrischen und Weichteilanalysen eine retrognathe Mandibula als Hauptursache der sagittalen Diskrepanz angesehen werden kann. Da funktionskieferorthopädische Geräte das Wachstum von Unter- und Oberkiefer führen, eignen sich am besten Patienten in der Wachstumsphase. Bei einem zu engen Oberkiefer kann eine Vorbehandlung zur Dehnung des Oberkiefers mit einer herausnehmbaren Apparatur notwendig sein.

3. FRAGESTELLUNG

Mit der vorliegenden kephalometrischen Studie konnte eine Langzeituntersuchung an kieferorthopädisch behandelten Patienten durchgeführt werden. Diese Patienten wurden einmal nur mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator in der Modifikation nach ASCHER (Gruppe I), zum anderen, nach einer einleitenden Bionatorbehandlung, zusätzlich mit festsitzenden Geräten und extraoraler Verankerung im Oberkiefer versorgt. Die Kontrolle der Anfangsbefunde und der jeweils erfolgreichen Abschlußergebnisse während und nach der Behandlung sowie 5 Jahre nach Absetzen der Retentionsgeräte, basierte auf folgender Fragestellung:

1. Welche charakteristische Morphologie zeigen jeweils zu den vier untersuchten Zeitpunkten:
 - Anfangsbefund A
 - Zwischenbefund B = Kl. I ist erreicht,
 - Endbefund C sowie
 - 5 Jahre nach Abschluß der Retention Djene Patienten, die nach dem primären sagittalen und vertikalen Bißausgleich mittels Bionator nur mit diesem Gerät weiterversorgt wurden und
jene Patienten, die anschließend noch mit einer Multi-bandapparatur und Headgear behandelt werden mußten.
2. Gibt es Unterschiede der kephalometrischen Variablen beider Gruppen zu den untersuchten Zeitpunkten A, B, C, D?
3. Kann dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator in der Modifikation nach ASCHER eine besondere Wirkung bei alleiniger Langzeitanwendung auf den skelettalen Bereich zugeschrieben werden?

4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4.1. Material

Für die vorliegende Untersuchung wurden 58 Jungen und Mädchen aus dem Patientengut der kieferorthopädischen Praxis von Prof. Dr. Ingrid Janson, München, nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- a) Alle Patienten zeigten zu Behandlungsbeginn das klinische Bild einer Klasse II-Malokklusion.
- b) Die kieferorthopädische Behandlung wurde ausschließlich mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator nach BALTERS in der Modifikation nach ASCHER (Abb. 3) durchgeführt. Diese Apparatur unterscheidet sich durch folgende Extraelemente vom Grundgerät Bionator nach BALTERS:
 - ein Akrylüberwurf überdeckt die unteren Inzisivi,
 - Dorne (0,8 mm bis 0,9 mm starker, harter Draht) liegen rechts und links mesial der oberen Sechsjahrmolaren.

Die übrigen Elemente, wie Lippenbügel und Buccinatoren-schlaufen (0,9 mm starker, federharter Stahldraht) sowie der als Coffinfeder geformte Zungenbügel (1,2 mm harter Stahldraht) entsprechen dem Grundgerät von BALTERS.

Mit dieser Apparatur konnte bei den Patienten in ca. ein bis zwei Jahren ein sagittaler und vertikaler Bißausgleich erreicht werden. Das klinische Bild zeigt dann eine Klasse I-Okklusion im Molaren- und Eckzahnbereich sowie einen knappen sagittalen und vertikalen Überbiß in der Front.

Während der weiteren kieferorthopädischen Versorgung zeigte sich, daß bei 32 dieser 58 Patienten weitere kieferorthopädische Geräte notwendig wurden. Die übrigen 26 Patienten konnten ausschließlich mit einem Bionator bis zum Ende der Behandlung versorgt werden. Die Gesamtbehandlungsdauer bei allen 58 Patienten war ca. 3 Jahre. Die Retentionszeit wurde bei den Nur-Bionator-Patienten ebenfalls mit einem Bionator durchgeführt, bei den Patienten mit Zusatzbehandlung kamen Platten, Positioner und andere Retentionsgeräte zur Anwendung.

5 Jahre nach Absetzen der Retentionsgeräte konnte bei allen 58 Patienten eine gesicherte neutrale Okklusion mit moderatem sagittalen und vertikalen Überbiß in der Front klinisch festgestellt werden.

4.2. Untersuchungsablauf

Von den ausgewählten 58 Patienten standen zur Untersuchung Fernröntgenseitenbilder zu vier Zeitpunkten zur Verfügung (Abb. 4a und b sowie Abb. 5a, b, c und d):

1. Zeitpunkt A-Wert

Fernröntgenseitenbild zu Behandlungsbeginn,

2. Zeitpunkt B-Wert

Fernröntgenseitenbild nach Erreichen des sagittalen und vertikalen Bißausgleiches (ca. nach 1 - 2 Jahren),

3. Zeitpunkt C-Wert

Fernröntgenseitenbild nach Ende der Retentionsphase,

4. Zeitpunkt D-Wert

Fernröntgenseitenbild im Mittel 5 Jahre nach Behandlungsabschluß (4 - 7 Jahre nach Abschluß der Retention).

Untersuchung Bionator 1984

Bio - Gruppe		Vergleichsgruppe	
A Anfang	134	Zusatzbehandlung	
B Kl. I erreicht	134	HG	HG/MB
C Ende	35	6	93
	⋮ ↓		⋮ ↓
D Kontrolle 5J.	26		32

Abb. 4a: Gesamtzahl der untersuchten Patienten zu den Zeitpunkten A, B, C und D

Prozentuale Verteilung der Bionatorpatienten

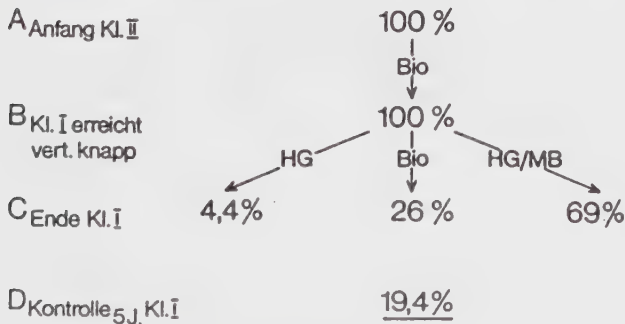


Abb. 4b: Prozentuale Verteilung der untersuchten Patienten

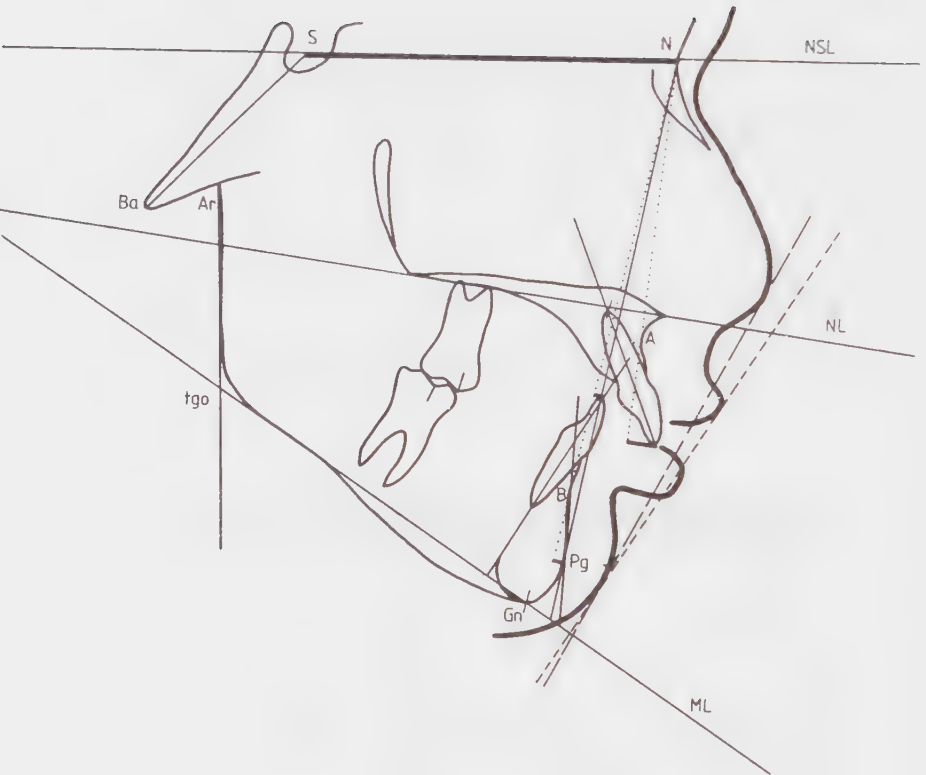


Abb. 5a: Durchzeichnung des Fernröntgenseitenbildes
bei Behandlungsbeginn (Anfangsbefund A);
Patient: S.D., Alter: 8 Jahre

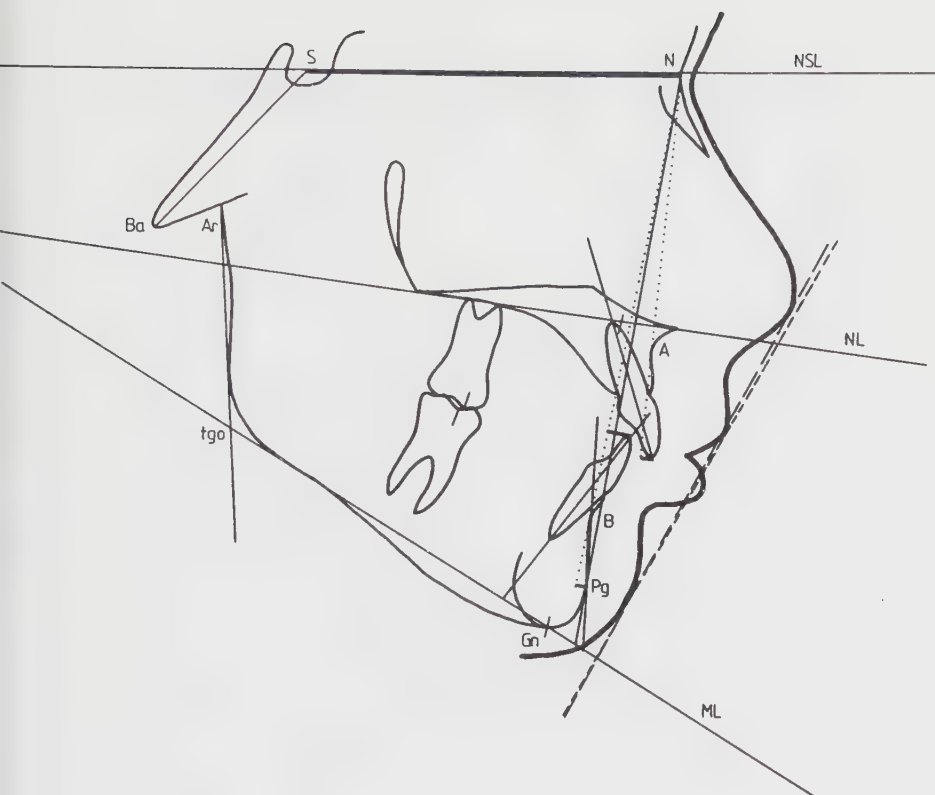


Abb. 5b: Durchzeichnung des Fernröntgenseitenbildes
nach Erreichen der Klasse I (Zeitpunkt B);
Patient: S.D., Alter: 9 Jahre

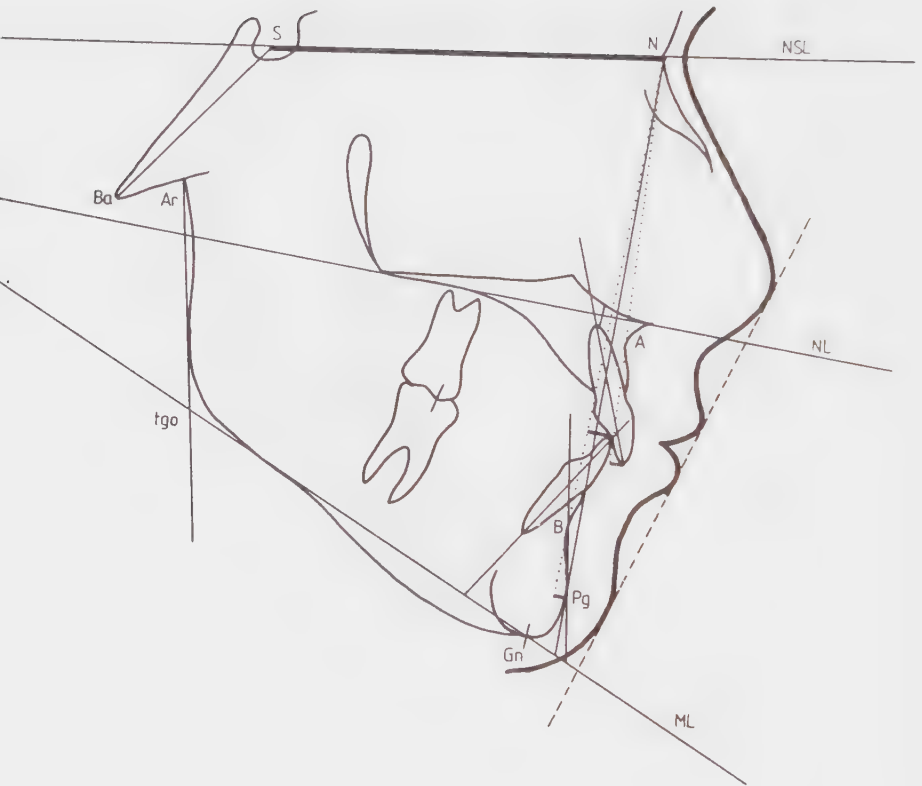


Abb. 5c: Durchzeichnung des Fernröntgenseitenbildes
nach dem Ende der Retentionsphase (Zeitpunkt C);
Patient: S.D., Alter: 10 Jahre 10 Monate

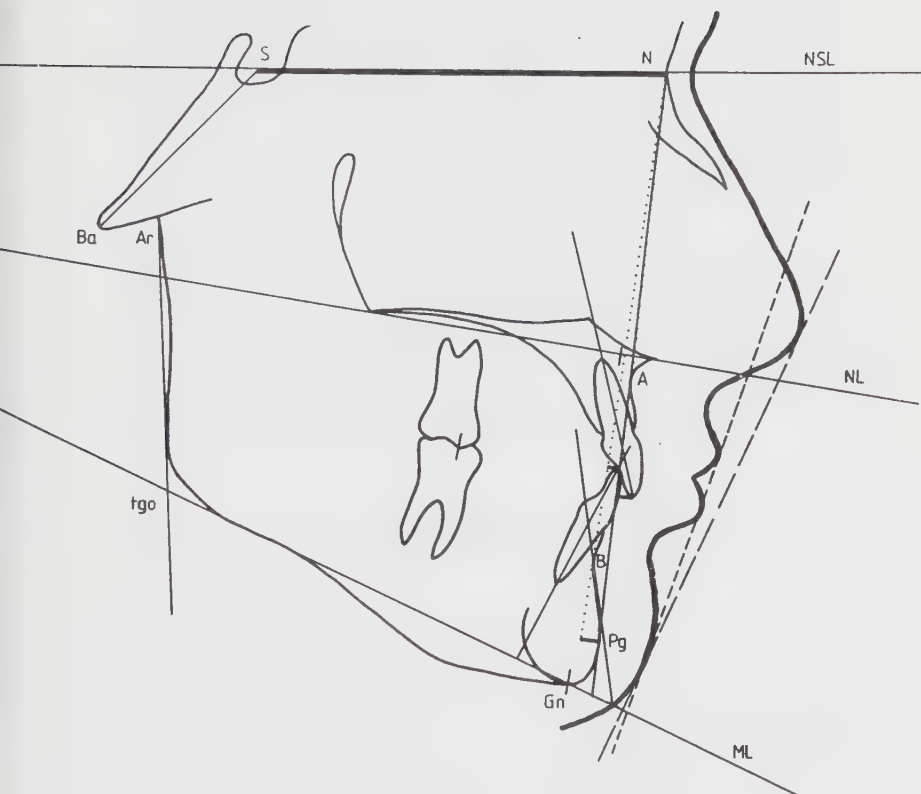


Abb. 5d: Durchzeichnung des Fernröntgenseitenbildes
zum Kontrollzeitpunkt D;
Patient: S.D., Alter: 16 Jahre 6 Monate

Zu einer vergleichenden Untersuchung wurden die 58 Patienten in zwei Gruppen aufgeteilt:

Gruppe I sogenannte "Bio-Fälle", das sind 26 Patienten, die ausschließlich mit der Bionatormodifikation nach ASCHER behandelt wurden.

Gruppe II sogenannte "Vergleichsgruppe", das sind 32 Patienten, die mit Zusatzgeräten nach Bionatorbehandlung versorgt wurden.

4.3. Methode

4.3.1. Fernröntgenseitenbild:

Hinweise zur Herstellung und Auswertung

4.3.1.1. Technische Daten zur Herstellung der Fernröntgenseitenaufnahme des Kopfes

Röntgengerät: Orthopantomograph-Cephalostat
(Orthoceph der Fa. Siemens)

Aufnahmespannung: 80 kV

Aufnahmezeit: 1 Sekunde (im Stadium der Ausatmung)

Aufnahmestrom: 15 mA

Strahlenerzeuger: Nanodor 2 P

Röntgenröhre: SR 90-15 SN

Brennfleck: 0,6 x 0,6 mm

Röntgenfilm: Cronex-Dupont; Rubinfohlen-Verstärkung
(Fa. Siemens)

Entwicklungsgerät: Pantomat P 10 (Fa. Siemens)

Für das Fernröntgenseitenbild wird die Filmkassette (18 x 24 cm) horizontal ausgerichtet; der Abstand von der Midsagittalebene des Kopfes auf 18 cm fixiert. Die Distanz von der Midsagittalebene zum Brennpunkt beträgt

150 cm. Gerätebedingt läßt sich der Zentralstrahl nur in der Vertikalen verändern, in der Sagittalen und Transversalen ist er fest eingestellt. Die exakte Fixierung der Zähne in der Vertikalen orientiert sich an der Lage des Porus acusticus externus und wird bei jedem Patienten individuell mit einem starren Meterstab vom Fußboden aus ermittelt.

Der Kopf des Patienten muß mit Hilfe des Cephalostaten eingestellt werden. Hilfselemente sind hierbei zwei in den äußeren Gehörgang eingeführte Ohroliven aus Balserholz und ein Kunststoffkeil, der vom kranialen Teil der Kopfhalterung ausgeht und am Übergang des Nasenrückens zur Stirn Abstützung findet. Die korrekte Okklusionsbeziehung der Zahnreihen wird vor der Exponierung mit einem Wachsregistrator fixiert (7, 9, 13, 50). Der Patient wird aufgefordert, während der Aufnahme die Zahnreihen in dieser Situation geschlossen zu halten.

4.3.1.2. Hilfsmittel bei der Auswertung des Fernröntgenbildes

- a) Leuchtkasten
- b) Azetatfolie (18 x 24 cm)
- c) Klebeband (Tesakrepp)
- d) Bleistift, Durchmesser 0,3 mm (Pentel-Japan 4H)
- e) Winkelmesser (Linex) mit Halbgradeinteilung
- f) Dreieck (Linex mit rechtem Winkel und Millimeter-einteilung)
- g) Tracing-Template (interUnitek) mit Schneidezahn- und Molarenkontur
- h) Lupenbrille
- i) "Kephalmetrieblatt nach HASUND" für die Eintragung der kephalometrischen Werte

- j) Kunststoffdreieck mit 70° -Winkel, Maßanfertigung von Karlheinz Euba, Hörzhausen
- k) Apple-II-Rechner, erweitert um Interfaces
- l) Digitalisiertablett Hipad Digitizer 11A (Houston Instruments)
- m) Olympia-Typenradschreibmaschine ESW 103
- n) Hewlett-Packard-Plotter 7470A
- o) Software: Computerunterstützte Kephalometrie nach HASUND von WINGBERG

Das Fernröntgenseitenbild wird zur Erstellung der Durchzeichnung auf dem Leuchtkasten mit dem Profil nach rechts orientiert, die Punkte Nasion und Sella direkt auf dem Röntgenbild markiert.

Die Azetatfolie wird mit der Schmalseite nach oben ausgerichtet und 10 cm vom oberen Rand entfernt eine Gerade parallel zum Folienrand gezogen. Weiter wird auf dieser Geraden im Abstand von 5 cm vom rechten Bildrand aus eine Markierung gesetzt. Die Azetatfolie wird jetzt so auf das Röntgenbild aufgelegt, daß der Punkt N (Nasion) mit dieser Markierung zur Deckung kommt und der Punkt S (Sella) ebenfalls auf dieser Geraden liegt.

Nach Markierung der übrigen relevanten Referenzpunkte auf der Azetatfolie erfolgt die Verbindung zu Referenzlinien und die Konstruktion der fehlenden Punkte und Winkel.

Mit dem oben angegebenen Computerprogramm von WINGBERG wird die Auswertung eines Fernröntgenseitenbildes zeitlich wesentlich erleichtert. Nach dem Bestimmen der Referenzpunkte dauert es ca. drei Minuten, bis eine gedruckte kephalometrische Auswertung vorliegt. Bei der computerunterstützten Kephalometrie genügt die Durch-

zeichnung der Referenzpunkte; Strecken und Winkel müssen weder eingezeichnet noch ausgemessen werden.

Die Referenzpunkte werden mit einem induktiven Verfahren dem Rechner eingegeben. Durch eine kleine Spule, die an einer Lupe mit Fadenkreuz befestigt ist, wird ein Magnetfeld abgetastet. Mit dem Fadenkreuz wird der jeweilige Referenzpunkt angepeilt und mit einer Auflösung von 0,1 mm an den Rechner weitergegeben.

Neben der Zeitersparnis sind als weitere Vorteile u.a. die deutlich lesbar ausgedruckten Ergebnisse (im Vergleich zu mancher "Arzthandschrift") und die Ausschaltung von Meß- und Übertragungsfehlern zu sehen.

Bei BECKMANN, WINGBERG und HASUND () sind folgende Vorteile beschrieben worden:

- I. Automatische Durchführung der Winkel- und Streckenmessungen und deren Ausdruck,
- II. Entfallen von Fehlermöglichkeiten durch
 - a) ungenaues, irrtümliches Messen
 - b) falsches Eintragen der Ergebnisse und
 - c) Schreibfehler.

Die von BECKMANN, WINGBERG und HASUND durchgeführten Vergleichsmessungen zeigen, daß bei einer Computermessung der methodische Fehler geringer ist als bei der Handmessung. Auch überwiegt die Genauigkeit bei Computermessung eindeutig. Dies zeigt der Vergleich der prozentualen Fehler bei Hand- resp. Computermessungen.

4.3.1.3. Kephalometrie nach HASUND

Bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder gilt es, charakteristische skelettale und dentale Referenzpunkte aufzufinden sowie Referenzpunkte im Weichteilbereich, sie zu Referenzlinien zu verbinden und Winkel- sowie Streckenmessungen vorzunehmen. (Abb. 4a)

Die Referenzpunkte:

a) Skelettale Referenzpunkte

Hier werden Referenzpunkte der Midsagittalebene des Kopfes aufgesucht. Sie haben den Vorteil, daß sie recht eindeutig aufgefunden werden können. Daneben stehen die Referenzpunkte, die infolge Überlagerung der rechten und linken Gesichtshälfte auf dem zweidimensionalen Fernröntgenseitenbild doppelt abgebildet sind. Die Beurteilung erfolgt, indem eine Gerade beide Referenzpunkte verbindet und die Mitte dieser Verbindungslinie als relevanter Referenzpunkt gilt.

Nasion ($\hat{=}$ N)

Das Nasion ist der am weitesten ventral gelegene Punkt der Sutura nasofrontalis.

Insbesondere beim wachsenden Gesichtsschädel ist die Sutura anterior nicht geschlossen. In diesen Fällen, bei denen sich eine nach ventral offene V-Form darstellt, dient die vorderste Begrenzung zum Os nasale hin als Referenzpunkt.

Sella ($\hat{=}$ S)

Der S-Punkt wird röntgenologisch konstruiert. Als Zentrum der Sella turcica wird der Mittelpunkt des größten Durchmessers der knöchernen Krypta bestimmt.

Basion ($\hat{=}$ Ba)

Das Basion ist, am Ende der Pars basilaris, der am weitesten inferior und posterior gelegene Punkt des Clivus.

Manchmal bereitet die Markierung des Ba-Punktes Probleme. Der Clivus ist röntgenologisch als relativ schmales, nach dorsal und kaudal zeigendes Dreieck erkennbar, wobei die zentrale Spongiosa und die diese umgebende gleichmäßige Kompakta gut zu erkennen sind. Sollte die Bestimmung der Kompaktaspitze Schwierigkeiten bereiten, empfiehlt es sich, eine Gerade durch Spongiosaspitze und S-Punkt zu legen, auf welcher der gesuchte Ba-Punkt liegt.

Spina nasalis anterior ($\triangle Sp$)

Der am weitesten anterior gelegene Punkt der Spina nasalis anterior, das ventralste Ende der Maxilla, ist der Sp-Punkt. Als kephalometrischer Referenzpunkt wird diejenige Struktur angezeichnet, die nach anterior am deutlichsten sichtbar ist.

Maxilla- Apikalpunkt ($\triangle A$)

Der A-Punkt ist der tiefste Punkt der ventralen Kurvatur des Maxillaknochens. Er wird durch eine Parallelverschiebung einer durch die Punkte Sp und Prosthion (vorderster Oberkieferzahnfachrand, marginaler Knochensaum) definierten Gerade konstruiert. Diese Gerade wird so weit parallel verschoben, bis sich ein Tangentialpunkt an der ventralen konvexen Kurvatur des anterioren Oberkieferknochens ergibt (Down'scher A-Punkt, anthropologisches Subspinale).

Geometrische Überlegungen zeigen aber, daß bei dieser Konstruktion nicht zwangsläufig Tangentialpunkt und tiefster Punkt der ventralen Kurvatur der Maxilla zusammenfallen.

Mandibular- Apikalpunkt ($\triangle B$)

Der B-Punkt (Down'scher B-Punkt, anthropologisches Supramentale) ist der tiefste Punkt der ventralen Kontur des anterioren Mandibularknochens. Er wird durch

eine Parallelverschiebung einer durch die Punkte Pg und Prosthion (vorderster Unterkieferzahnfachrand) definierten Geraden konstruiert (vgl. A-Punkt).

Gnathion (Δ Gn)

Das Gnathion ist als kaudalster Punkt der Unterkiefer-symphyse definiert. Es wird mit Hilfe einer Parallelverschiebung der N-S-Linie bestimmt.

Anmerkungen zur Konstruktion von A-Punkt, B-Punkt und Pogonion

Die angegebenen Konstruktionsarten von A-Punkt, B-Punkt und Pogonion sind etwas umständlich.

Zur Bestimmung des A-Punktes muß eigens das Prosthion im Oberkiefer bestimmt werden, danach muß die durch die Punkte Prosthion und Sp definierte Gerade parallel verschoben werden.

Zur Auffindung des B-Punktes muß für diesen Zweck das Prosthion des Unterkiefers bestimmt werden, danach muß die durch die Punkte Prosthion und Pg definierte Gerade parallel verschoben werden.

Zur Konstruktion des Pogonions schließlich muß ein Lot auf die N-S-Linie gefällt werden.

Man benötigt also zur Konstruktion dieser drei Punkte drei verschiedene Hilfslinien, die allesamt parallel verschoben werden müssen. Außerdem sind, wie oben angeführt, Prosthion von Ober- und Unterkiefer zu bestimmen.

Erleichtern und beschleunigen könnte man die Konstruktion dieser Punkte durch eine einheitliche Hilfslinie:

Eignen dürfte sich als Hilfslinie eine Gerade, welche die N-S-Linie in einem 70°-Winkel schneidet. Bei der Parallelverschiebung dieser Geraden können in einem Arbeitsgang A-Punkt, B-Punkt und Pogonion bestimmt werden, darüber hinaus in gleicher Weise das Weich-

teilpogonion und der Oberlippenpunkt. Bei der Auswertung der Röntgenbilder mit den so bestimmten Punkten ergeben sich im Vergleich zur herkömmlichen Bestimmung vernachlässigbar kleine Unterschiede. Zur praktischen Bestimmung der Punkte hat sich ein aus einer einfachen, dünnen, durchsichtigen Plastikplatte geschnittenes Dreieck mit einem 70° -Winkel bewährt, das an einem auf die N-S-Linie gelegten Lineal verschoben wird.

Patient R. H.
geb. 5. 12. 68
Rö: 15. 2. 79

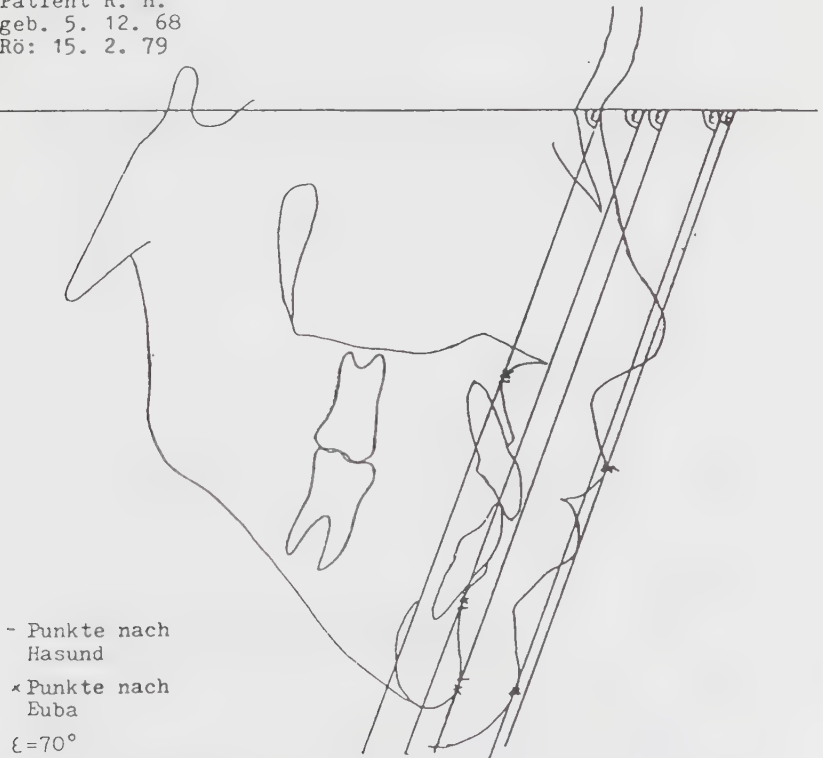


Abb. 6 : Konstruktion von A-Punkt, B-Punkt, Pogonion, Oberlippenpunkt und Weichteilpogonion mit der Parallelverschiebung eines 70° -Winkels entlang der NS-Linie. Für die Referenzlinien und die gemessenen Winkel ergeben sich bei dieser Konstruktion nur vernachlässigbar kleine Unterschiede zum Originalverfahren nach HASUND

Pterygomaxillare (ΔP_m)

Das Pterygomaxillare ergibt sich als Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Oberkieferknochens mit der Kontur des weichen und harten Gaumens im Bereich des nach ventral einstrahlenden Schattens der Fossa pterygopalatina. Für die kephalometrische Analyse ist die Neigung der Maxilla und nicht die Lage des P_m -Punktes als solche von Bedeutung.

Artikulare (ΔAr)

Das Artikulare ergibt sich aus dem Schnittpunkt des dorsalen Randes des aufsteigenden Unterkieferastes mit der Kontur der äußeren Schädelbasis. Sollten sich die beiden Unterkieferäste auf dem Röntgenbild doppelt konturiert darstellen, wird die zeichnerische Mitte als vertikale Bezugslinie zur Bestimmung des Ar gewählt.

Goniontangentialpunkt (Δtgo)

Der Goniontangentialpunkt entsteht wiederum als Schnittpunkt zweier Geraden:

-zum einen wird vom Artikulare aus eine Tangente an den dorsalsten Rand des Ramus ascendens im Kieferwinkelbereich gelegt. Das Problem einer eventuellen Doppelkonturierung der Unterkieferäste wird wie beim Artikulare gelöst.

-zum anderen wird vom Gnathion eine Tangente an den kaudalsten Rand des Pars horizontalis des Mandibularknochens gelegt.

Anmerkungen zur Bestimmung des tgo :

Da es bei den verschiedenen Formen der Mandibula nicht immer möglich ist, vom Artikulare bzw. vom Gnathion aus

Tangenten an den Kieferwinkel zu legen, muß die Definition des Goniontangentenpunktes erweitert werden. In all den Fällen, bei denen es nicht möglich ist, Tangenten zu legen, sollte von einem "Gnathion-Kieferwinkel-Strahl" bzw. von einem "Artikulare-Kieferwinkel-Strahl" gesprochen werden. Mit dem geometrischen Begriff Strahl kommt zum Ausdruck, daß die Linien, an deren Schnittpunkt der tgo-Punkt liegt, durch Punkt (Gnathion bzw. Artikulare) und Richtung (Richtung des aufsteigenden bzw. horizontalen Unterkieferastes) festgelegt werden.

Spina-Strich ($\hat{=}$ Sp')

Der Sp'-Punkt ergibt sich als Schnittpunkt der Geraden, die durch Pterygomaxillare und Spina nasalis anterior bzw. durch Nasion und Gnathion gehen.

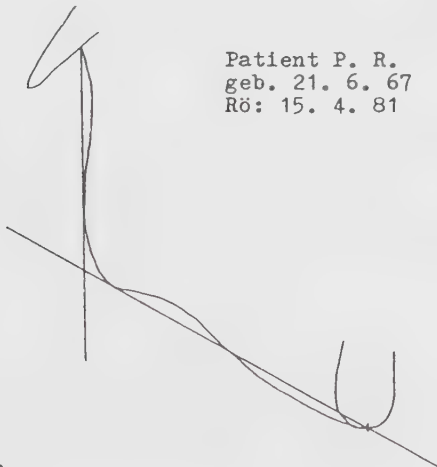


Abb. 7a:

Unterkieferstruktur, bei der Tangenten im mathematischen Sinn vom Artikulare bzw. vom Gnathion aus an den Kieferwinkel gelegt werden können.



Abb. 7b

Patient M. B.
geb. 13.1. 69
Rö: 24. 7. 80



Abb. 7c

Patient P. M.
geb. 28. 4. 68
Rö: 26. 1. 77

zu Abb. 7b:

Unterkieferstruktur, bei der das Legen einer Tangente vom Artikulare aus an den Ramus ascendens im Kieferwinkelbereich in mathematischem Sinn nicht möglich ist. Die Ramuslinie kann hier nicht geometrisch exakt konstruiert werden. Der Autor schlägt hier die Bezeichnung "Artikulare-Kieferwinkel-Strahl" vor.

zu Abb. 7c:

Unterkieferstruktur, bei der das Legen einer Tangente vom Gnathion aus an den horizontalen Ast im Bereich des Kieferwinkels in mathematischem Sinn nicht möglich ist. Die Mandibularlinie kann hier nicht geometrisch exakt konstruiert werden. Der Autor schlägt hier die Bezeichnung "Gnathion-Kieferwinkel-Strahl" vor.

b) Dentale Referenzpunkte

Incision superius ($\hat{A}is$)

Der is-Punkt ist der Mittelpunkt der Inzisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren oberen Inzisivus.

Incision apikale ($\hat{A}isa$)

Die incision apikale ist der apikalste Punkt des zum is-Punkt gehörenden Zahnes.

Bei einer Wurzelkrümmung oder einem Kronenknicke wird die Zahnachse von der Pulpakontur bestimmt.

Incision inferius ($\hat{A}ii$)

Der ii-Punkt ist der Mittelpunkt der Inzisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren unteren Inzisivus.

Incision inferius apikale ($\hat{A}iia$)

Die Incision inferius apikale ist der apikalste Punkt des zum ii-Punkt gehörenden Zahnes.

c) Referenzpunkte für das Weichteilprofil

Weichteil-Pogonion ($\hat{A}PG$)

Das Weichteilpogonion ($\hat{A}PG$; zu beachten: skelettales Pogonion $\hat{A}Pg$) ist der am weitesten anterior liegende Punkt des Weichteil-Kinnprofils.

Weichteil-Nasion ($\hat{A}N'$)

Das Weichteil-Nasion ($\hat{A}N'$; zu beachten: skelettales Nasion $\hat{A}N$) ergibt sich als Schnittpunkt der Geraden NS mit der Kontur des Weichteilprofils.

Oberlippenpunkt ($\triangle$ UL)

Der Oberlippenpunkt ergibt sich als Berührungspunkt derjenigen Parallele zu der Verbindungslinie N'-PG, die eine Tangente an die anteriore Kontur des Oberlippenprofils ist.

Die Referenzlinien:

Durch die Verbindung der jeweiligen Referenzpunkte zu Geraden ergeben sich folgende Referenzlinien:

a) Skelettale Referenzlinien

I in der Sagittalen:

NSL $\triangle$ Nasion-Sella- Linie

Die Verbindungslinie zwischen Nasion und Sella wird als Hauptreferenzlinie verwendet. Der Gesichtsschädel wird in Relation zu dieser Schädelbasislinie vermessen.

NL $\triangle$ Nasallinie

Diese die Oberkieferbasis darstellende Linie ergibt sich aus den Punkten Pterygomaxillare und Spina nasalis anterior.

ML $\triangle$ Mandibularlinie

Diese die Unterkieferbasis charakterisierende Linie ist die Tangente (siehe dazu die Anmerkungen zum Goniontangentialpunkt) vom Gnathion zum unteren Rand der Mandibula im Bereich des Kieferwinkels. Die Mandibularlinie kann während des Unterkieferwachstums ihre Lage stark verändern, insbesondere dann, wenn eine stärkere Rotation der Mandibula stattfindet.

II in der Vertikalen:

NAL $\hat{=}$ Nasion-Maxilla-Linie

Die Verbindung von Nasion und A-Punkt wird als Orientierungslinie für die Stellung der Oberkieferfrontzähne verwendet.

NBL $\hat{=}$ Nasion-Mandibula-Linie

Die Verbindung von Nasion und B-Punkt wird als Orientierungslinie für die Stellung der Unterkieferfrontzähne verwendet.

NPgL $\hat{=}$ Nasion-Pogonion-Linie

Verbindungsline zwischen Nasion und Pogonion

Ar-tgo

Diese Linie ist die Tangente vom Artikulare zum Ramus ascendens der Mandibula im Bereich des Kieferwinkels (siehe dazu die Anmerkungen zum Goniontangentialpunkt).

III in der Sagittalen und Vertikalen:

SBa $\hat{=}$ Sella-Basal-Linie

Die Verbindungsline von Sella und Basion charakterisiert die disto-kraniale Begrenzung des knöchernen Gesichtsschädels.

b) Dentale Referenzlinien

is-isa $\hat{=}$ Längsachse des mittleren Oberkiefer-Inzisivus

Die Verbindungsachse zwischen Incision superius und Incision apikale spiegelt die Längsachse des am weitesten vorne stehenden oberen mittleren Schneidezahnes wieder.

ii-ia $\hat{=}$ Längsachse des mittleren Unterkiefer-Inzisivus

Die Verbindungsline zwischen Incision inferius und

Incision inferius apikale spiegelt die Längsachse des am weitesten vorne stehenden unteren mittleren Schneidezahnes wider.

c) Referenzlinien für das Weichteilprofil

HL $\hat{=}$ Holdaway-Linie

Die Verbindungslinie zwischen Weichteil-Pogonion und Oberlippenpunkt wird Holdaway-Linie genannt.

EL $\hat{=}$ Ästhetik-Linie nach Ricketts

Die Tangente vom Weichteil-Pogonion an die anteriore konvexe Kurvatur der Nase wird als Ricketts-Ästhetik-Linie bezeichnet.

Die Streckenmessungen (in mm) und die Winkelmessungen (in °) (Abb. 3)

Pg-NB: Abstand des Pogonions von der Linie NB; dieser Abstand ist ein Maß für die Kinnprominenz.

N-Sp': Strecke Nasion-Sp'; diese Strecke ist ein Maß für die obere anteriore Gesichtshöhe. Sp' ist der Schnittpunkt von NL und NPgL.

Sp'-Gn: Strecke Sp'-Gnathion; diese Strecke ist ein Maß für die untere anteriore Gesichtshöhe.

Aus den Werten von N-Sp' und Sp'-Gn wird folgender Index gebildet:

N-Sp'/Sp'-Gnx100: Index in Prozent für die anteriore Gesichtshöhe; dieser Index ist ein Ausdruck für das Verhältnis von oberer und unterer Gesichtshöhe.

1-NA: Abstand der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren oberen Schneidezahnes von NAL; dieser Abstand ist ein Maß für den Protrusionsgrad der oberen Schneidezähne.

T-NB: Abstand der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren unteren Schneidezahnes von NBL; dieser Abstand ist ein Maß für den Protrusionsgrad der unteren Schneidezähne.

SNA: Maß für die sagittale Position der Maxilla (Maxilla-Prognathie-Winkel); dieser Winkel gibt die anterior-posteriore Position des A-Punktes im Verhältnis zur anterioren Schädelbasis wieder.

SNB: Maß für die sagittale Position der Mandibula (Mandibula-Prognathiegrad-Winkel); dieser Winkel gibt analog zu SNA die anterior-posteriore Position des B-Punktes im Verhältnis zur anterioren Schädelbasis wieder.

ANB: Maß für die sagittale Beziehung von Mandibula und Maxilla (sagittaler Interbasalwinkel); wenn A vor NBL liegt (also weiter anterior), ergeben sich positive Werte für ANB, liegt A weiter posterior als NBL, ergeben sich negative Werte für ANB.

SNPg: Maß für die sagittale Prominenz der Symphyse (Pogonionwinkel); ähnlich wie mit SNB kann mit SNPg auf die sagittale Relation der Mandibula geschlossen werden.

ML-NSL: Maß für die vertikale Beziehung von Mandibula und anteriorer Schädelbasis (Neigungswinkel

der Mandibula); ist der Winkel ML-NSL größer als 32° , spricht man von posteriorer Neigung der Mandibula, bei Werten unter 32° von anteriorer Neigung der Mandibula.

NL-NSL: Maß für die vertikale Beziehung von Maxilla und anteriorer Schädelbasis (Neigungswinkel der Maxilla); ist der Winkel NL-NSL größer als $8,5^\circ$, spricht man von posteriorer Neigung der Maxilla, bei Werten unter $8,5^\circ$ von anteriorer Neigung der Maxilla.

ML-NL: Maß für die vertikale Beziehung von Maxilla und Mandibula (vertikaler Interbasalwinkel).

NSBa: Maß für die sagittale und vertikale Beziehung des Clivus zur anterioren Schädelbasis (Schädelbasiswinkel); ist der Winkel NSBa größer als 130° , spricht man von einer posterioren Neigung des Clivus, bei Werten unter 130° von einer anterioren Neigung des Clivus.

Gn-tgo-Ar: Maß für die Form der Mandibula am Übergang Corpus-Ramus ascendens; der Winkel Gn-tgo-Ar wird Kieferwinkel genannt.

N-W: Maß für die Prominenz des Kinns in Relation zur Mandibularebene (Norderval-Winkel); N-W ist der Winkel zwischen ML und einer von B ausgehenden Tangente an die anteriore Kinnprominenz.

H-W: Maß für die Prominenz der Oberlippe (Holdaway-Winkel); dieser Winkel wird von NBL und HL gebildet.

1-NA: Maß für die Neigung des am weitesten vorne stehenden mittleren oberen Schneidezahnes in Be-

ziehung zu NAL (Oberkieferinzisivi-Achsenneigungswinkel).

1-NB: Maß für die Neigung des am weitesten vorne stehenden mittleren unteren Schneidezahnes in Beziehung zu NBL (Unterkieferinzisivi-Achsenneigungswinkel).

1-1: Maß für die Achsenneigung von Oberkiefer- und Unterkieferschneidezähnen zueinander (Interinzisalwinkel); dieser Winkel ist bei der Beurteilung von Behandlungsergebnissen in Hinsicht auf Stabilität und Ästhetik von Wichtigkeit.

KEPHALOMETRIE

Patient		Nr.		
geboren		Alter		
		A - 13	B - 10	C - 12
Messungen:	Norm gerades Gesicht	Datum	Datum	Datum
SNA	82			
SNB	80			
ANB	2			
SNPg	81			
ML-NSL	32			
NL-NSL	8,5			
ML-NL	23,5			
NSBa	130			
Gn-tgo-Ar	126			
N-Winkel	58			
H-Winkel				
T- $\perp$ (Grad)	131			
I - NA	22			
T - NB	25			
I - NA (mm)	4			
T - NB	4			
Pg-NB				
N-Sp' (mm)				
Sp'-Gn				
N-Sp' - 100 (%)	79			
Sp'-Gn				

D-9 E-9

Transversale Zahnachsenposition im PA-Bild*



*) Nur notwendig, wenn transversale Abweichungen vorliegen

Platzanalyse des Unterkiefers

Platzbedarf:	+	-
Platzverhältnisse		
Korrektur in der Speeschen Kurve		
Fächerform in der Front		
Aufrichtung von T		
Total		

Platzquellen:	+	-
Frontal-Expansion		
Lateral-Expansion		
Dilatation		
Aufrichtung von $\bar{6}$		
Bolton Analyse		
Extraktion		
Total		

I. Klassifikation des Gesichtstyps

	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
Retrognath	72	18,5	150	52	70	33,5
	73	17,5	146	50	71	32,5
	74	16,5	146	48	72	31,5
	75	15,5	144	46	73	30,5
	76	14,5	142	44	74	29,5
	77	13,5	140	42	75	28,5
	78	12,5	138	40	76	27,5
	79	11,5	136	38	77	26,5
	80	10,5	134	36	78	25,5
	81	9,5	132	34	79	24,5
	82	8,5	130	32	80	23,5
	83	7,5	128	30	81	22,5
	84	6,5	126	28	82	21,5
	85	5,5	124	26	83	20,5
	86	4,5	122	24	84	19,5
	87	3,5	120	22	85	18,5
	88	2,5	118	20	86	17,5
	89	1,5	116	18	87	16,5
	90	0,5	114	16	88	15,5
	91	0	112	14	89	14
Prognath						
Orthognath						

II. Basaler Trend der Anomalie

sagittal:
vertikal:

III. Wachstumsanalyse

Körpergröße



1 Form der Kondylen	-	-
2 Canalis mandibularis		
3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse		
4. Neigung der Symphyse		
5. Anteriore Untergesichtshöhe		
6 Kieferwinkel		
Prognose von:	Summe	
ANB = $\rightarrow$		
N-Winkel = $\rightarrow$	Total	
SNPg = $\rightarrow$	1 und 6	

Rotation

Translation

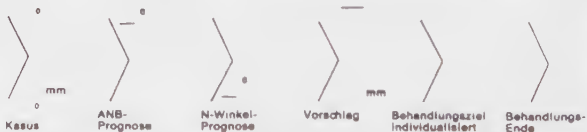
IV. Weichteilanalyse

N-Winkel - 1,06 - ANB - 0,25 - SNPg + 25,87

$$= \frac{0}{0}$$

V. Zahnstellungsanalyse

1 - NB (mm) = 0,47 - ANB + 0,11 - (ML-NL) + 0,06 - N-Winkel - 2,40



VI. Konsequenz der kephalometrischen Analyse für die Behandlungsplanung:

$\frac{0}{0}$

Abb. 8: Kephalometrieblatt

4.3.2. Statistisches Vorgehen

Aus statistischer Sicht liegt eine Langzeituntersuchung vor, bei der mehrere Zufallsgrößen (skelettale und dento-alveoläre Variablen) beobachtet werden. Die Beobachtung erfolgt, getrennt nach zwei Untersuchungsgruppen (BIO-Fälle und Vergleichsgruppe), zu vier verschiedenen Zeitpunkten (A, B, C und D).

Zur Beschreibung der statistischen Fragestellung wird folgende Nomenklatur angewandt:

- die Zufallsvariablen werden mit $a, b, \dots, y, z$ bezeichnet;
- zur Unterscheidung der Zeitpunkte dient der Index t ($t = A, B, C, D$);
damit gilt: x_t ist die zum Zeitpunkt t beobachtete Zufallsvariable x ;
- für jeden Patienten k erhält man zu jedem Zeitpunkt t durch Messung Realisierungen der Zufallsgröße x_t . Diese Realisierung wird mit $x_{t,k}$ (Merkmalswerte) bezeichnet ($k = 1, 2, \dots, n_{x,t}$). $n_{x,t}$ steht für die Anzahl der Realisierungen der Zufallsvariablen x zum Zeitpunkt t , d.h. für die Anzahl der gemessenen Werte.

- Mittelwerte, Standardabweichungen, kleinste Werte, größte Werte, Range

Der Mittelwert $\bar{x}_t$ der Merkmalswerte $x_{t,k}$ wird nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{x}_t = \frac{1}{n_{x,t}} \sum_{k=1}^{n_{x,t}} x_{t,k}$$

er dient als erwartungstreue Schätzung des Erwartungswertes $\mu_{x,t}$ der Zufallsvariablen x zum Zeitpunkt t . $\bar{x}_t$ beschreibt die Lage des durchschnittlichen Wertes der Meßreihe $x_{t,k}$ und dient der Orientierung über die gewonnenen Versuchsergebnisse zu jedem der vier Zeitpunkte.

Die Standardabweichung $s_{x,t}$ berechnet sich aus

$$s_{x,t} = \sqrt{\frac{1}{n_{x,t} - 1} \sum_{k=1}^{n_{x,t}} (x_{t,k} - \bar{x}_t)^2}$$

und ist eine asymptotisch erwartungstreue Schätzung für die Streuung der Variablen x_t . $s_{x,t}$ liefert einen Überblick über die Schwankung der gemessenen Einzelwerte um den Mittelwert.

Zur weiteren Beurteilung der Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert wird die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten auftretenden Merkmalswert der Zufallsvariablen x_t berechnet. Diese Differenz wird als Range bezeichnet.

Mittelwerte, Standardabweichungen und Range bieten einen ersten Überblick über die Untersuchungsergebnisse. Sie dienen der Entwicklung von Hypothesen, die in weiteren Schritten einer genaueren Überprüfung unterzogen werden müssen.

- Statistische Prüfung der aufgestellten Hypothesen

Ziel der statistischen Auswertung ist es nicht nur, die absoluten Werte der Parameter (Erwartungswerte, Streuungen) der einzelnen Variablen für einen Vergleich zwischen Vergleichsgruppe und BIO-Fällen und für einen Vergleich mit Ergebnissen der Literatur zu ermitteln, sondern insbesondere die Veränderungen der Variablen über die vier Zeitpunkte hinweg zu analysieren.

Zur Ermittlung der Veränderungen der Variablen im Untersuchungszeitraum werden für jede statistische Größe aller Variablen, getrennt nach Vergleichsgruppe und BIO-Fällen, folgende Differenzen gebildet:

Differenz vom 1. zum 2. Zeitpunkt (A - B)

Differenz vom 2. zum 3. Zeitpunkt (B - C)

Differenz vom 3. zum 4. Zeitpunkt (C - D)

Differenz vom 1. zum 3. Zeitpunkt (A - C)

Differenz vom 2. zum 4. Zeitpunkt (B - D)

Differenz vom 1. zum 4. Zeitpunkt (A - D)

(A - B usw. steht als Kurzschreibweise für $\bar{x}_A - \bar{x}_B$ bzw.

$$s_A - s_B)$$

Außerdem werden von jeder Variablen die Differenzen der Veränderungen bei der Vergleichsgruppe und den Veränderungen bei den BIO-Fällen gebildet:

VG (A - B) - BIO (A - B)

VG (B - C) - BIO (B - C)

VG (C - D) - BIO (C - D)

VG (A - C) - BIO (A - C)

VG (B - D) - BIO (B - D)

VG (A - D) - BIO (A - D)

Für die gebildeten Differenzen werden nach den im vorausgehenden Abschnitt beschriebenen Methoden Mittelwerte und Standardabweichungen als Schätzungen für die Erwartungswerte und die Streuung der eingetretenen Veränderungen der Variablen bzw. der Unterschiede zwischen Vergleichsgruppe und den BIO-Fällen ermittelt. Das Ausmaß der Differenzen wird jeweils auf Signifikanz geprüft. Hierzu wird die Nullhypothese

$$\mu_{x,t_1} = \mu_{x,t_2}$$

aufgestellt, wobei t_1 und t_2 die verschiedenen Zeitpunkte bezeichnen. Dabei wird angenommen, daß die Erwartungswerte von je zwei Grundgesamtheiten übereinstimmen.

Die Nullhypothese wird verworfen und die Alternativhypothese

$$\mu_{x,t_1} \neq \mu_{x,t_2}$$

akzeptiert, wenn zwischen je zwei Grundgesamtheiten ein echter Unterschied besteht.

Die Entscheidung wird mit dem t-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte unabhängiger Stichproben herbeigeführt. Dabei wird als Prüfgröße

$$\hat{t}_x = \frac{\bar{x}_{t_1} - \bar{x}_{t_2}}{\sqrt{\frac{(n_{x,t_1} - 1) s_{t_1}^2 + (n_{x,t_2} - 1) s_{t_2}^2}{n_{x,t_1} + n_{x,t_2} - 2} \cdot \left[\frac{1}{n_{x,t_1}} + \frac{1}{n_{x,t_2}} \right]}}$$

(Freiheitsgrad $n_{t_1} + n_{t_2} - 2$) verwendet.

Mit Hilfe des t-Testes wird auch die Entscheidung gefällt, ob die Patienten der Vergleichsgruppe und die BIO-Fälle zu Beginn der Behandlung als homogene Gruppen angesehen werden können.

Zur Kennzeichnung signifikanter Befunde auf dem 95%, 99%- und 99,9% Niveau wird die dreistufige Sternsymbolik benutzt (p wird entsprechend der zu berechnenden Prüfgröße aus einer statistischen Wertetafel entnommen):

ohne Symbol:	$p > 0,05$
*	$: 0,05 \geq p > 0,01$
**	$: 0,01 \geq p > 0,001$
***	$: 0,001 \geq p$

4.4. Ergebnisse

4.4.1. Mittelwerte, Standardabweichungen und Spannweiten
(= größter und kleinster Wert)
(Tabelle 1 - 4 und Abb. 10)

A: Erster Zeitpunkt (A), Bio-Fälle und Vergleichsgruppe

I. Bio-Fälle - skelettale Aussage

Die Bionatorfälle zeigen zum ersten Zeitpunkt für den maxillären Wert SNA einen orthognathen Prognathiegrad $\bar{x} = 80,05$, für den mandibulären Wert SNB einen schwach retrognathen Prognathiegrad $\bar{x} = 75,37$. Die Standardabweichungen sind vergleichbar mit 3,14 resp. 3,08. Der ANB-Winkel charakterisiert die distale basale Kieferrelation mit moderatem Ausmaß: $\bar{x} = 4,68^\circ$, die Standardabweichung mit 1,24 ist sehr gering. Die sagittale Prominenz der Mandibula beschreibt der Winkel SNPg sowie die Streckenmessung Pg-NB in mm. Beide Aussagen sind vergleichbar und charakterisieren eine moderate Prominenz des Pogonions in Relation zu SNPg. Auch der N-Winkel entspricht mit $\bar{x} = 62,11$ dieser Aussage in Relation zum von HASUND angegebenen Normwert $\bar{x} = 58$, wobei die große Spannweite auffällig ist mit $s = 6,03$.

Der Kieferwinkel entspricht der vorgegebenen Norm. Auch hier ist die Standardabweichung relativ groß.

Für die Inklination von Maxilla und Mandibula ist eine anteriore Neigung zum jeweiligen Prognathiegrad auffällig. Das Verhältnis von oberer und unterer anteriorer Gesichtshöhe ist ausgewogen.

- Dentoalveoläre Aussage

Der lineare Abstand der Schneidekante des Oberkieferinzisivus von der NA-Linie beträgt 2,72 mm ($s = 2,45$), der lineare Abstand der Schneidekante des Unterkieferinzisivus von der NB-Linie beträgt 3,65 mm ($s = 1,60$).

Der Interinzisalwinkel entspricht mit $132,51^\circ$ ($s = 6,88$) in etwa der Norm.

Die Achsenstellung der Frontzähne ist mit $\underline{1}$ -NA = $19,62^\circ$ ($s = 6,74$) und $\bar{1}$ -NB = $22,92^\circ$ ($s = 3,45$) als leicht retrudiert anzusehen.

II. Vergleichsgruppe

- Skelettale Aussage

Die Vergleichsgruppe zeigt, ähnlich wie bei den Biofällen für den Prognathiegrad von Maxilla und Mandibula orthognathe resp. leicht retrognathe Werte (s. Tab. 1). Auch die Neigung von Maxilla und Mandibula ist zum Prognathiegrad nach anterior einzustufen. Die Streuung dieser vertikalen Werte ist größer, ebenso die Spannweiten ML-NSL: $\bar{x} = 32,47$ ($s = 6,55$), NL-NSL: $\bar{x} = 7,52$ ($s = 2,97$).

Der Gesichtsindeix tendiert jetzt leicht zur Aussage kleinerer unterer Gesichtshöhe. Wiederum ist die Streuung relativ groß mit $\bar{x} = 7,35$.

- Dentoalveoläre Aussage

Der lineare Abstand der Schneidekante des Oberkieferinzisivus von der NA-Linie beträgt 2,91 mm ($s = 3,29$), der lineare Abstand der Schneidekante des Unterkieferinzisivus beträgt 2,94 mm ($s = 2,33$).

Der Interinzisalwinkel entspricht mit $132,66^\circ$ ($s = 10,02$) in etwa der Norm.

Die Achsenstellung der Frontzähne ist mit $\underline{1}$ -NA = $20,23^\circ$ ($s = 9,28$) und $\bar{1}$ -NB = $22,54^\circ$ ($s = 6,55$) als leicht retrudiert anzusehen.

B: Zweiter Zeitpunkt (B), Bio-Fälle und Vergleichsgruppe

I. Bio-Fälle - skelettale Aussage

Bezüglich des Prognathiegrades für SNA ergibt sich fast eine identische Aussage mit dem Anfangsbefund. Lediglich für den Winkel SNB ist eine Vergrößerung des Prognathiegrades auf $76,42^\circ$ ($s = 3,21$) festzustellen, woraus die Verkleinerung des ANB-Winkels auf $3,73^\circ$ ($s = 1,69$) resultiert.

Die Neigung der vertikalen interbasalen Beziehung (ML-NL = $26,38^\circ$, $s = 5,48$) und der Kieferwinkel (Gn-tgo-Ar = $126,03^\circ$, $s = 6,46$) entsprechen den Werten beim ersten Zeitpunkt. Der Norderval-Winkel verringert sich auf $60,58^\circ$ ($s = 5,47$) und der Gesichtsindeix auf $79,65\%$ ($s = 5,13$).

- Dentoalveoläre Aussage

Der sagittale Abstand der Schneidekante des Unterkieferinzisivus von der skelettalen Referenzlinie NB vergrößert sich auf $4,67$ mm ($s = 1,93$) und analog dazu erreicht die Achsenstellung des Unterkieferinzisivus den Normwert ($\bar{1}$ -NB = $25,24^\circ$, $s = 4,00$).

Die Werte für den Oberkieferinzisivus bleiben mit $\underline{1}$ -NA = $2,82$ mm ($s = 1,87$) und $\underline{1}$ -NA = $19,46^\circ$ ($s = 4,31$) nahezu unverändert.

Der Interinzisalwinkel nähertsich mit $131,50^\circ$ ($s = 6,34$) der Norm.

II. Vergleichsgruppe - skelettale Aussage

Bei den skelettalen Variablen ergibt sich für fast alle Werte eine ähnliche Aussage wie beim Ausgangsbefund. Der SNB-Winkel wächst geringfügig auf $75,27^\circ$ ($s = 3,28$) an, ANB verringert sich demzufolge auf $3,70^\circ$ ($s = 2,15$).

Die vertikale interbasale Relation bleibt mit $24,86^\circ$ ($s = 6,45$) unverändert. Beim Norderval-Winkel ist eine mäßige Verkleinerung auf $61,98^\circ$ ($s = 5,37$) festzustellen.

Die relative Dominanz der oberen anterioren Gesichtshöhe verringert sich geringfügig ($N-Sp'/Sp' - Gn \times 100 = 82,74\%$, $s = 7,60$).

- Dentoalveoläre Aussage

Während sich die Achsenneigung des Unterkieferinzisivus mit $\bar{I}-NB = 24,56^\circ$ ($s = 7,24$) der Norm nähert, verkleinert sich die Achsenneigung des Oberkieferinzisivus auf $19,06^\circ$ ($s = 7,93$).

Der sagittale Abstand des Oberkieferinzisivus von der Linie NA verkleinert sich leicht auf 2,70 mm ($s = 2,84$), der sagittale Abstand des Unterkieferinzisivus von der Linie NB vergrößert sich dagegen deutlich auf 3,86 mm ($s = 2,57$).

Der Interinzisalwinkel verringert sich um $0,3^\circ$ auf $132,36^\circ$ ($s = 10,34$).

C: Dritter Zeitpunkt (C), Bio-Fälle und Vergleichsgruppe

I. Bio-Fälle - skelettale Aussage

Auch beim dritten Zeitpunkt ergibt sich bezüglich des Prognathiegrades für SNA eine dem Ausgangsbefund ähnliche Aussage. Die Ausnahme bildet wieder der SNB-Winkel, der

sich auf $76,99^\circ$ ($s = 3,33$) vergrößert (ANB-Winkel = $3,18^\circ$, $s = 1,87$). Weiter fällt eine Verringerung der Neigung der vertikalen interbasalen Relation auf $25,39^\circ$ ($s = 5,98$) auf.

Der Kieferwinkel erfährt eine Verkleinerung auf $124,69^\circ$ ($s = 6,91$), während die Kinnprominenz zunimmt (Norderval-Winkel = $62,15^\circ$, $s = 5,62$). Der Gesichtsindex bleibt stabil.

- Dentoalveoläre Aussage

Die Achsenstellung des Unterkieferinzisivus ist mit $\bar{1}$ -NB = $24,04^\circ$ ($s = 3,80$) wieder als leicht retrudiert zu bezeichnen. Das Gleiche gilt auch für den Oberkieferinzisivus mit $\underline{1}$ -NA = $20,15^\circ$ ($s = 4,86$).

Der sagittale Abstand der Schneidekanten von den skelettalen Referenzlinien vergrößert sich im Oberkiefer ($\underline{1}$ -NA = $3,23$ mm, $s = 2,00$) und verkleinert sich im Unterkiefer ($\bar{1}$ -NB = $4,42$ mm, $s = 1,93$).

Der Interinzisalwinkel zeigt Tendenz zur Vergrößerung ($\bar{1}$ - $\underline{1}$ = $132,63^\circ$, $s = 5,03$).

II. Vergleichsgruppe - skelettale Aussage

Aus einer leichten Zunahme von NL-NSL auf $7,97^\circ$ ($s = 2,84$) und einer geringfügigen Verkleinerung von ML-NSL auf $32,45^\circ$ ($s = 6,62$) resultiert eine Verkleinerung der Neigung der vertikalen interbasalen Beziehung auf $24,34^\circ$ ($s = 6,37$). Die Winkel SNA und SNB bleiben nahezu unverändert. Der Winkel NSBa erfährt eine deutliche Verringerung auf $129,03^\circ$ ($s = 18,98$).

Die Werte für den Kieferwinkel und die Kinnprominenz verändern sich nur geringfügig (Gn-tgo_Ar = $124,56^\circ$, $s = 6,28$; Norderval-Winkel = $61,88^\circ$, $s = 5,29$).

Die relative Dominanz der oberen anterioren Gesichtshöhe verstärkt sich wieder ($N-Sp'/Sp'-Gn \times 100 = 83,73\%$, $s = 7,71$).

- Dentoalveoläre Aussage

Die sagittalen Abstände der Schneidezahnkanten von der jeweiligen skelettalen Referenzlinie bleiben im Vergleich zum zweiten Zeitpunkt nahezu unverändert ($\bar{1}-NA = 2,69$ mm, $s = 2,19$; $\bar{1}-NB = 3,70$ mm, $s = 2,08$).

Dasselbe gilt auch für die Achsenneigung des Unterkieferinzisivus ($\bar{1}-NB = 24,44^\circ$, $s = 6,22$). Die Achsenneigung des Oberkieferinzisivus vergrößert sich dagegen auf $19,72^\circ$ ($s = 6,47$).

Der Interinzisalwinkel bleibt stabil ($\bar{1}-\underline{1} = 132,25^\circ$, $s = 8,78$).

D: Vierter Zeitpunkt (D), Bio-Fälle und Vergleichsgruppe

I. Bio-Fälle - skelettale Aussage

Durch eine weitere Zunahme von SNB auf $78,18^\circ$ wird der Prognathiegrad weiter in den orthognathen Bereich verlegt.

Die Mesialwanderung des Pogonions drückt sich in einer Vergrößerung von SNPg auf $79,20^\circ$ ($s = 4,01$) aus.

Die Verringerung der Neigung der vertikalen interbasalen Relation setzt sich fort ($ML-NL = 24,19^\circ$, $s = 6,17$). Dies ist auf die anteriore Rotation der Mandibula ($ML-NSL = 31,46^\circ$, $s = 6,28$) zurückzuführen.

Der Kieferwinkel verringert sich deutlich auf $123,08^\circ$ ($s = 6,69$) und die Kinnprominenz nimmt weiter zu (Norder-val-Winkel = $62,67^\circ$, $s = 7,47$).

Die Tendenz zur Vergrößerung der unteren anterioren Gesichtshöhe ist stärker ausgeprägt als bei der oberen anterioren Gesichtshöhe. Daraus resultiert ein Gesichtsinde-
x von 78,13% ($s = 6,28$).

- Dentoalveoläre Aussage

Für den sagittalen Abstand der Schneidezähne von der jeweiligen skelettalen Referenzlinie ist im Oberkiefer und im Unterkiefer eine Tendenz zur Vergrößerung erkennbar ($\bar{1}$ -NA = 3,88 mm, $s = 2,84$; $\bar{1}$ -NB = 4,60 mm, $s = 2,31$).

Im Oberkiefer setzt sich die Tendenz zur Vergrößerung der Achsenneigung des Oberkieferinzisivus fort ($\bar{1}$ -NA = 20,72°, $s = 5,77$), der Winkel $\bar{1}$ -NB (23,59°, $s = 4,75$) wird dagegen etwas kleiner. Die Tendenz zur Vergrößerung des Interinzisalwinkels setzt sich in verringertem Ausmaß fort ($\bar{1}$ - $\bar{1}$ = 132,98°, $s = 6,85$).

II. Vergleichsgruppe - skelettale Aussage

Durch die Verkleinerung von SNA auf 78,50° ($s = 3,15$) und die Vergrößerung von SNB auf 75,77° ($s = 3,09$) verringert sich der ANB-Winkel auf 2,37° ($s = 2,55$). Die Mesialwanderung des Pogonions drückt sich in einer Vergrößerung von SNPg auf 77,50° ($s = 3,36$) aus.

Aus der anterioren Rotation der Mandibula (ML-NSL = 23,13°, $s = 80,8$) und der Vergrößerung von NL-NSL auf 8,70° ($s = 3,23$) resultiert eine Verkleinerung der Neigung der vertikalen interbasalen Relation auf 21,69° ($s = 7,56$).

Der Winkel NSBa vergrößert sich in Richtung des Ausgangswertes (131,78°, $s = 3,97$).

Der Wert, der den Kieferwinkel charakterisiert, erfährt eine deutliche Verkleinerung (Gn-tgo-Ar = 121,17°, $s = 6,71$). Der Norderval-Winkel verkleinert sich auf 60,70° ($s = 6,75$).

Das Verhältnis zwischen oberer anteriorer Gesichtshöhe und unterer anteriorer Gesichtshöhe bleibt konstant.

- Dentoalveoläre Aussage

Wesentliche Veränderungen ergeben sich für die Achsenstellung der Frontzähne. Der die Stellung des Oberkieferinzisivus kennzeichnende Wert $\underline{1}$ - NA steigt auf $22,84^\circ$ ($s = 8,86$), der die Stellung des Unterkieferinzisivus kennzeichnende Wert $\bar{1}$ - NB verkleinert sich dagegen auf $20,45^\circ$ ($s = 6,33$).

Für die sagittalen Abstände der Schneidekanten von den jeweiligen skelettalen Referenzlinien gilt: $\underline{1}$ - NA = 3,05 mm ($s = 2,72$) und $\bar{1}$ - NB = 2,84 mm ($s = 2,40$).

Der Interinzisalwinkel vergrößert sich auf $134,11^\circ$ ($s = 9,65$).

4.4.2. Homogenitätsprüfung

(Tabelle 5)

- Überprüfung der Homogenität der Bio-Fälle und der Vergleichsgruppe zum ersten Zeitpunkt (A)

Die Hypothese, daß die Mittelwerte gleich sind, kann bei keiner Variablen abgelehnt werden. Damit liegt kein statistisch nachweisbarer Unterschied zwischen der Vergleichsgruppe und den Bio-Fällen vor.

- Überprüfung der Homogenität der Bio-Fälle und der Vergleichsgruppe zum zweiten Zeitpunkt (B)

Zum zweiten Zeitpunkt ergibt der t-Test für den Vergleich der Mittelwerte unabhängiger Stichproben einen signifikanten Unterschied bei der Variablen Sp'-Gn (Signifikanz-

niveau 99%). Damit ist die untere anteriore Gesichtshöhe bei den Bio-Fällen signifikant verschieden von der unteren anterioren Gesichtshöhe in der Vergleichsgruppe.

- Überprüfung der Homogenität der Bio-Fälle und der Vergleichsgruppe zum dritten Zeitpunkt (C)

Auch für den dritten Zeitpunkt ergibt der t-Test einen signifikanten (Signifikanzniveau 99%) Unterschied für die Variable $Sp'-Gn$. Außerdem wird auf einem Signifikanzniveau von 95% ein signifikanter Unterschied für die Variable $N-Sp'/Sp'-Gn \times 100$ (Verhältnis der oberen anterioren Gesichtshöhe zur unteren anterioren Gesichtshöhe) nachgewiesen.

- Überprüfung der Homogenität der Bio-Fälle und der Vergleichsgruppe zum vierten Zeitpunkt (D)

Die Hypothese, daß die Mittelwerte gleich sind, kann bei folgenden Variablen abgelehnt werden:

- für die Variable $SNA (^{\circ})$
mit einem Signifikanzniveau von 99%,
- für die Variable $SNB (^{\circ})$
mit einem Signifikanzniveau von 99%,
- für die Variable $\bar{I}-NB (^{\circ})$
mit einem Signifikanzniveau von 95%,
- für die Variable $\bar{I}-NB (mm)$
mit einem Signifikanzniveau von 99%,
- für die Variable $Pg-NB (mm)$
mit einem Signifikanzniveau von 95%,
- für die Variable $N-Sp'/Sp'-Gn \times 100 (\%)$
mit einem Signifikanzniveau von 95%.

4.4.3. Differenzen

Die Differenzen innerhalb der Bionatorgruppe zwischen den untersuchten vier Zeitpunkten sind den Tabellen 6 und 7, die Differenzen in der Vergleichsgruppe, Gruppe mit Zusatzbehandlung, den Tabellen 8 und 9 zu allen vier Zeitpunkten zu entnehmen.

4.4.3.1. Differenzen in der Bionatorgruppe (Tabelle 6 und 7)

- Erster zu zweiter Zeitpunkt (A zu B)

Auffallende Veränderungen zeigen in der Bionatorgruppe während des ersten Beobachtungszeitraumes die mandibulären Werte, die die sagittale Position der Mandibula beschreiben: SNB - SNPg. Beide Variablen verändern sich hochsignifikant im Sinne einer Vergrößerung: Der SNB-Winkel vergrößert sich um $1,05^\circ$, der SNPg-Winkel um $1,10^\circ$. Die negativen Vorzeichen in der Tabelle 6 entsprechen der Tatsache, daß vom kleineren A-Wert jeweils der größere B-Wert abgezogen wurde.

Eine ebenfalls signifikante Veränderung zeigt der ANB-Winkel im Sinne einer Verkleinerung um $0,96^\circ$.

Weitere signifikante Veränderungen zeigt der H-Winkel ebenfalls im Sinne einer Verkleinerung, hier um $2,08^\circ$, und die Prominenz der Symphyse mit einer Verkleinerung von $1,53^\circ$.

Die obere und untere Gesichtshöhe vergrößern sich hochsignifikant. Die schwache Vergrößerung des Gesichtsinde-
dex' jedoch bleibt ohne signifikante Aussage.

Von den dentoalveolären Variablen fällt auf, daß die sagittale Streckenmessung, die die Stellung der Unter-

kieferfrontzähne beschreibt, $\bar{1}$ -NB (mm), sich um 1,02 mm signifikant vergrößert auf dem 0,01%-Niveau.

Die übrigen Veränderungen sind gering und nicht signifikant.

- Zweiter zu dritter Zeitpunkt (B zu C)

Auch hier fallen signifikante Veränderungen auf. Wiederrum vergrößert sich der Prognathiegrad von SNB sowie der Winkel SNPg, beide auf dem 0,05%-Niveau, jeweils um 0,57°. Dementsprechend verkleinert sich der ANB-Winkel um 0,54°.

Besonders auffällig ist jetzt die zwar geringe, jedoch hochsignifikante Verkleinerung von ML-NL um 0,99° ($p \leq 0,001$). Der Kieferwinkel zeigt eine ebenfalls hochsignifikante Verkleinerung von 1,34°, der H-Winkel um 1,38°. Der Kieferwinkel Gn-tgo-Ar erfährt eine ebenfalls auf dem 0,01% Signifikanz-Niveau liegende Verkleinerung um 1,34°. Weiter vergrößert werden die obere und untere Gesichtshöhe jeweils signifikant. Im dentoalveolären Bereich sind keine signifikanten Veränderungen auffällig.

- Dritter zu vierter Zeitpunkt (C zu D)

Für diesen Zeitabschnitt von Behandlungsende bis ca. 5 Jahre nach Abschluß der Retention fällt zum ersten Mal eine schwach signifikante Vergrößerung von SNA um 0,86° auf. Die Prognathie der Mandibula wird weiter signifikant vergrößert mit 1,2°; ebenso der SNPg-Winkel.

Wiederrum erstmalig fällt eine signifikante Veränderung von ML-NSL, der Neigung der Mandibula, durch eine Verkleinerung von -1,68° auf, damit auch eine hochsignifikante Verkleinerung des Interbasalwinkels ML-NL um 1,2°. Der Kieferwinkel verkleinert sich weiter, wieder

hochsignifikant um $1,61^\circ$; ebenso der Holdaway-Winkel um $2,1^\circ$. Bezüglich der oberen und unteren Gesichtshöhe war nur die untere Gesichtshöhe mit einem Wert von $2,27 \text{ mm}$ signifikant vergrößert worden. Im dentoalveolären Bereich fallen wiederum keine signifikanten Veränderungen ins Gewicht.

Bei einer Gegenüberstellung der Anfangswerte direkt mit den Endwerten sowie der Anfangswerte mit den Befunden 5 Jahre nach Abschluß der Retention A zu C resp. A zu D werden die erwähnten signifikanten Veränderungen noch deutlicher. Wieder sind es die mandibulären Variablen, die die sagittale Stellung der Mandibula beschreiben, SNB und SNPg, die sich signifikant verändern im Sinne einer Vergrößerung von A - C um $1,6^\circ$, von A - D um $2,8^\circ$ (s. Tabelle 7).

Der maxilläre Wert SNA zeigt nur in der Differenz B - D eine schwach signifikante Vergrößerung um $0,79^\circ$.

Der ANB-Winkel verändert sich in allen Bereichen sowohl von A - C wie B - D sowie A - D im Sinne einer Verkleinerung, die mit $1,5^\circ$, $1,01^\circ$ und $1,97^\circ$ signifikant ausfällt.

Eine Veränderung der vertikalen Variablen bezieht sich lediglich auf die mandibuläre Neigung ML-NSL nach dem ersten Zwischenbefund bis hin zum Kontrollbefund D: Verkleinerung der Neigung um $2,26^\circ$ von B zu D und um $2,16^\circ$ von A zu D.

Auch der Kieferwinkel verkleinert sich ansteigend, je länger die Beobachtungszeit dauert: A zu C $1,03^\circ$, A zu D $2,63^\circ$ auf dem $0,01\%$ -Niveau.

Das gleiche gilt für den H-Winkel.

Obere und untere Gesichtshöhe vergrößern sich wieder, wobei der GesichtsindeX in der Langzeitbetrachtung von A zu D mit einem Wert von $2,54^\circ$ abnimmt.

Die dentoalveolären Variablen zeigen wiederum nur für den Unterkiefer eine signifikante Veränderung, die von A - C bei einer Vergrößerung von 0,77 mm, von A - D bei einer Vergrößerung von 0,95 mm liegt. In der Zwischenperiode ist eine nicht signifikante Verkleinerung dieser Streckenmessung für $\bar{I}$ -NB (mm) zu verzeichnen.

4.4.3.2. Differenzen in der Vergleichsgruppe
(Gruppe mit Zusatzbehandlung)
(Tabelle 8 und 9)

- Erster zu zweiter Zeitpunkt (A zu B)

Die hier eingetretenen Veränderungen sind größtenteils gering. Sie fallen nur signifikant für den Prognathiegrad der Mandibula SNB mit einer Vergrößerung von 0,47° auf dem Signifikanzniveau von 0,05% auf. Daraus scheint die Verkleinerung von ANB zu resultieren mit 0,55° ($p \leq 0,05$).

Weitere signifikante Veränderungen beziehen sich auf eine Verkleinerung des H-Winkels mit 1,57°, jetzt auf dem Signifikanzniveau von 0,01%, sowie eine Vergrößerung der oberen und unteren Gesichtshöhe. Der sagittale Abstand des Unterkieferfrontzahnes von der NB-Linie wird um 0,92 mm hochsignifikant vergrößert.

- Zweiter zu dritter Zeitpunkt (B zu C)

Hier fallen nur wenige signifikante Veränderungen auf, und dies in sehr kleinem Ausmaß. Der Winkel SNPg vergrößert sich um 0,33° auf dem Signifikanzniveau von 0,05% und die oberen und untere Gesichtshöhe werden jeweils um 1,42 mm resp. 1,11 mm signifikant vergrößert.

- Dritter zu vierter Zeitpunkt (C zu D)

Zahlreiche signifikante Veränderungen sind hier zu verzeichnen. Der ANB-Winkel verkleinert sich um $0,81^\circ$ ($p \leq 0,01$), der SNPg-Winkel vergrößert sich um $0,88^\circ$. Die Neigung der Mandibula nimmt ab um $3,33^\circ$, jedoch nur auf dem 0,05%-Niveau signifikant. Die interbasale Neigung verkleinert sich jedoch hochsignifikant um $2,66^\circ$. Ebenso wird der Kieferwinkel um $3,39^\circ$ verkleinert, und der H-Winkel um $3,11^\circ$, beide hochsignifikant. Obere und untere Gesichtshöhe werden weiter vergrößert. Von den dentalen Variablen fällt wiederum nur die Veränderung der Unterkieferfront auf, die hier eine Aufrichtung durch die Verkleinerung des Wertes $\bar{I}$ -NB (in mm) um $0,86 \text{ mm}$ erfährt.

Die Gegenüberstellung der Differenzen in der Vergleichsgruppe von A zu C, B zu D und A zu D zeigt auffällige Signifikanzen.

Der maxilläre Wert SNA wird nicht nur von B - D verkleinert um $0,59^\circ$, sondern in der Gesamtbetrachtung von A - D um $0,70^\circ$ ($p \leq 0,01$).

Dementgegen vergrößern sich die mandibulären Werte SNB, SNPg sowie Pg-NB (mm), wobei die auffälligste Veränderung A zu D auf dem Signifikanzniveau von 0,01% zu verzeichnen ist (s. Tabelle 9). Die vertikalen Variablen zeigen für die mandibuläre Neigung eine Abnahme, für die maxilläre Neigung eine Vergrößerung und damit eine Verkleinerung des Interbasalwinkels ML-NL von $3,17^\circ$ ($p \leq 0,01$).

Auch der Kieferwinkel wird wieder verkleinert, diesmal noch ausgeprägter um $3,78^\circ$ hochsignifikant. Der H-Winkel entspricht in etwa der Verkleinerung der Bionatorgruppe mit $5,13^\circ$. Obere und untere Gesichtshöhe zeigen wieder auffällige Vergrößerungen.

Bemerkenswert ist, daß die Stellung des Unterkieferinzisivus nur von A - C sich in der sagittalen Messung $\overline{I}$ -NB (mm) vergrößert, dann jedoch von B - D abnimmt um $1,02^\circ$ und in der Gesamtbetrachtung von A - D eine nicht signifikante Veränderung zeigt.

4.4.4. Differenzen zwischen Bionator- und Vergleichsgruppen zu allen vier Zeitpunkten, differenziert dargestellt für alle gemessenen kephalometrischen Daten

- Differenz A - B für Bio- und Vergleichsgruppe

Variable SNA ($^\circ$)

Der Winkel SNA, der den Prognathiegrad der Maxilla ausdrückt, vergrößert sich bei den BIO-Fällen geringfügig ($0,07^\circ$), während er sich bei der Vergleichsgruppe, ebenfalls nicht signifikant, etwas verkleinert ($0,11^\circ$).

Variable SNB ($^\circ$)

Bei beiden Gruppen vergrößert sich der SNB-Winkel, der den Prognathiegrad der Mandibula ausdrückt. Bei den BIO-Fällen erfolgt eine Vergrößerung des SNB-Winkels um $1,05^\circ$ (Signifikanzniveau = SN von 99,9%), bei der Vergleichsgruppe eine deutlich geringere Vergrößerung um $0,47^\circ$ (SN 95%).

Variable ANB ($^\circ$)

Die Lagebeziehung der Mandibula zur Maxilla, ausgedrückt durch die Differenz von SNA und SNB, verbessert sich in beiden Gruppen. Analog zur Vergrößerung des SNB-Winkels verkleinert sich der ANB-Winkel bei den BIO-Fällen um $0,96^\circ$ (SN 99%) und bei der Vergleichsgruppe um $0,55^\circ$ (SN 95%).

Variable SNPg (°)

Die sagittale Prominenz des Kinns verändert sich in beiden Gruppen mesialwärts. Während sich der SNPg-Winkel jedoch bei den BIO-Fällen hochsignifikant um $1,10^\circ$ vergrößert (SN 99,9%), kann bei der Vergleichsgruppe keine Signifikanz nachgewiesen werden. Die Vergrößerung beträgt hier $0,34^\circ$.

Variable ML-NSL (°)

Die Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis, gekennzeichnet durch den Winkel ML-NSL, verstärkt sich bei beiden Gruppen geringfügig (BIO-Fälle $0,10^\circ$, VG $0,22^\circ$). Diese Veränderungen sind nicht signifikant.

Variable NL-NSL (°)

Auch der Winkel NL-NSL, der die Neigung der Maxilla zur anterioren Schädelbasis charakterisiert, hat sich sowohl bei den BIO-Fällen ($0,15^\circ$) als auch bei der Vergleichsgruppe ($0,20^\circ$) etwas vergrößert.

Variable ML-NL (°)

Der vertikale Interbasalwinkel verkleinert sich bei den BIO-Fällen geringfügig und nicht signifikant um $0,28^\circ$. Bei der Vergleichsgruppe bleibt die vertikale Beziehung von Maxilla und Mandibula unverändert.

Variable NSBa (°)

Der NSBa-Winkel, ein Maß für die sagittale und vertikale Beziehung des Clivus zur anterioren Schädelbasis, verkleinert sich bei den BIO-Fällen um $0,61^\circ$. Bei der Vergleichsgruppe bleibt der NSBa-Winkel nahezu unverändert, er vergrößert sich lediglich um $0,03^\circ$.

Variable Gn-tgo-Ar (°)

Der Kieferwinkel, der die Form der Mandibula am Übergang Corpus-Ramus ascendens widerspiegelt, vergrößert sich bei den BIO-Fällen um $0,32^\circ$, während er bei der Vergleichsgruppe um $0,23^\circ$ kleiner wird.

Variable N-W (°) (= Norderval-Winkel)

Der Norderval-Winkel, der ein Maß für die Prominenz des Kinns in Relation zur Mandibularebene darstellt, verkleinert sich bei den BIO-Fällen um $1,53^\circ$ (SN 95%). Bei der Vergleichsgruppe fällt die Verkleinerung mit $0,34^\circ$ wesentlich geringer aus. Außerdem kann hier keine Signifikanz nachgewiesen werden.

Variable H-W (°) (= Holdaway-Winkel)

Der Holdaway-Winkel, mit dem die Prominenz der Oberlippe charakterisiert wird, zeigt bei beiden Gruppen eine hochsignifikante Verkleinerung an (BIO-Fälle $2,08^\circ$, SN 99,9%; Vergleichsgruppe $1,54^\circ$, SN 99,9%).

Variable $\underline{1-\bar{1}}$ (°)

Der Interinzisalwinkel, der ein Maß für die Achsenneigung von Oberkiefer- und Unterkieferschneidezähnen zueinander darstellt, verkleinert sich bei den BIO-Fällen um 1° . Bei der Vergleichsgruppe ist eine deutlich geringere Verkleinerung ($0,30^\circ$) festzustellen.

Variable $\underline{1-NA}$ (°)

Beim Oberkieferinzisivi-Achsenneigungswinkel ist bei den BIO-Fällen eine Verkleinerung von $0,16^\circ$ festzustellen. Bei der Vergleichsgruppe fällt die Verkleinerung merklich größer ($1,17^\circ$) aus.

Variable $\bar{I}$ -NB (°)

Die Achsenneigung des unteren Inzisivus zur NB-Linie verstärkt sich in beiden Gruppen signifikant und in der gleichen Größenordnung (BIO-Fälle 2,32°, SN 95%; Vergleichsgruppe 2,02°, SN 95%).

Variable $\bar{I}$ -NA (mm)

Der Abstand der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren oberen Schneidezahnes zur NA-Linie vergrößert sich bei den BIO-Fällen um 0,10 mm, während er sich in der Vergleichsgruppe um 0,20 mm verringert.

Variable $\bar{I}$ -NB (mm)

Der Abstand der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren unteren Schneidezahnes zur NB-Linie vergrößert sich in beiden Gruppen signifikant und in gleicher Größenordnung (BIO-Fälle 1,02 mm, SN 99%; Vergleichsgruppe 0,92 mm, SN 99,9%).

Variable Pg-NB (mm)

Der Abstand des Pogonions von der Linie NB nimmt in beiden Gruppen zu. Während er bei den Bio-Fällen mit 0,32 mm mit Signifikanz belegt werden kann (SN 95%), beträgt die Vergrößerung bei der Vergleichsgruppe nur 0,06 mm.

Variable N-Sp' (mm)

Die Zunahme der oberen anterioren Gesichtshöhe fällt in beiden Gruppen hoch signifikant aus (BIO-Fälle 4,09 mm, SN 99,9%; Vergleichsgruppe 2,27 mm, SN 99,9%).

Variable Sp'-Gn (mm)

Auch die Zunahme der unteren anterioren Gesichtshöhe fällt in beiden Gruppen hoch signifikant aus (BIO-Fälle 5,55 mm,

SN 99,9%; Vergleichsgruppe 3,02 mm, SN 99,9%). Sowohl die Zunahme der unteren als auch der oberen anterioren Gesichtshöhe fällt bei den BIO-Fällen deutlich größer aus.

Variable N-Sp' / Sp'-Gnx 100 (%)

Das Verhältnis von der oberen anterioren Gesichtshöhe zur unteren anterioren Gesichtshöhe wird bei beiden Gruppen kleiner. Die Verringerung fällt bei den BIO-Fällen mit 1,02% deutlicher aus als bei der Vergleichsgruppe mit 0,63%.

- Differenz B - C für Bio- und Vergleichsgruppe

Variable SNA (°)

Der SNA-Winkel wird bei beiden Gruppen geringfügig kleiner. Bei den BIO-Fällen, bei denen, im Gegensatz zu der Vergleichsgruppe, vom 1. zum 2. Zeitpunkt noch eine leichte Zunahme zu registrieren war, erfolgt vom 2. zum 3. Zeitpunkt eine Verkleinerung von SNA um 0,07°, bei der Vergleichsgruppe verkleinert sich der Winkel um 0,17°.

Variable SNB (°)

Beim SNB-Winkel ist, wie schon vom 1. zum 2. Zeitpunkt, bei beiden Gruppen eine Vergrößerung festzustellen. Während jedoch bei den BIO-Fällen eine signifikante Zunahme um 0,57° (SN 95%) zu verzeichnen ist, vergrößert sich der SNB-Winkel bei der Vergleichsgruppe lediglich um 0,16°.

Variable ANB (°)

Wie schon aus den SNA- und SNB-Werten ersichtlich ist, verkleinert sich der ANB-Winkel bei beiden Gruppen. Analog zum SNB-Winkel verkleinert sich der ANB-Winkel bei

den Bio-Fällen um $0,54^{\circ}$, während sich der Wert bei der Vergleichsgruppe lediglich um $0,16^{\circ}$ verkleinert.

Variable SNPg ($^{\circ}$)

Auch die sagittale Prominenz des Kinns verändert sich in beiden Gruppen weiter mesialwärts. Bei beiden Gruppen liegt eine signifikante Vergrößerung des SNPg-Winkels vor, bei den BIO-Fällen beträgt die Differenz $0,57^{\circ}$ (SN 95%), bei der Vergleichsgruppe beträgt sie $0,33^{\circ}$ (SN 95%).

Variable ML-NSL ($^{\circ}$)

Nachdem sich die Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis vom 1. zum 2. Zeitpunkt bei beiden Gruppen verstärkt hat, nimmt vom 2. zum 3. Zeitpunkt die Neigung ab. Bei den BIO-Fällen ist eine Abnahme von $0,58^{\circ}$ zu verzeichnen, bei der Vergleichsgruppe verkleinert sich der Winkel um $0,23^{\circ}$.

Variable NL-NSL ($^{\circ}$)

Im Gegensatz zur Neigung der Mandibula vergrößert sich die Neigung der Maxilla zur anterioren Schädelbasis weiter. Bei den BIO-Fällen beträgt die Zunahme von NL-NSL $0,52^{\circ}$, bei der Vergleichsgruppe $0,25^{\circ}$.

Variable ML-NL ($^{\circ}$)

Der vertikale Interbasalwinkel verringert sich bei beiden Gruppen deutlich. Während jedoch bei den BIO-Fällen eine hochsignifikante Abnahme des ML-NL-Winkels um $0,99^{\circ}$ (SN 99,9%) festzustellen ist, kann bei der Vergleichsgruppe (Verkleinerung von ML-NL um $0,52^{\circ}$) keine Signifikanz nachgewiesen werden.

Variable NSBa (°)

Ein markanter Unterschied besteht bei der Verkleinerung des NSBa-Winkels. Während bei den BIO-Fällen eine Verringerung von lediglich $0,21^\circ$ erfolgt, nimmt der NSBa-Winkel bei der Vergleichsgruppe um $3,47^\circ$ ab.

Variable Gn-tgo-Ar (°)

Der Kieferwinkel verkleinert sich bei den BIO-Fällen hochsignifikant um $1,34^\circ$ (SN 99,9%). Bei der Vergleichsgruppe fällt die Verkleinerung von Gn-tgo-Ar mit $0,16^\circ$ vergleichsweise bescheiden aus.

Variable N-W (°) (= Norderval-Winkel)

Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht in der Entwicklung der Kinnprominenz. Bei den BIO-Fällen erfolgt eine signifikante Zunahme des Norderval-Winkels um $1,58^\circ$ (SN 99%). Bei der Vergleichsgruppe erfolgt eine Abnahme des Norderval-Winkels um $0,11^\circ$.

Variable H-W (°) (= Holdaway-Winkel)

Die eingeleitete Veränderung im Sinne einer Verkleinerung des Holdaway-Winkels wird fortgesetzt, bei den BIO-Fällen mit $1,38^\circ$ (SN 99%) signifikant stärker als bei der Vergleichsgruppe (Verkleinerung von H-W um $0,48^\circ$), bei der keine Signifikanz feststellbar ist.

Variable $\underline{1-7}$ (°)

Während der Interinzisalwinkel bei den Bio-Fällen eine Vergrößerung von $1,12^\circ$ zeigt, wird er bei der Vergleichsgruppe um $0,11^\circ$ kleiner.

Variable $\underline{1}$ -NA ($^{\circ}$)

Der Oberkieferinzisivi-Achsenneigungswinkel entwickelt sich in beiden Gruppen nahezu identisch. Bei den BIO-Fällen beträgt die Vergrößerung $0,69^{\circ}$, bei der Vergleichsgruppe wird der Winkel $\underline{1}$ -NA um $0,66^{\circ}$ größer.

Variable $\bar{1}$ -NB ($^{\circ}$)

Im Gegensatz zur Differenz vom 1. und 2. Zeitpunkt verkleinert sich die Achsenneigung des unteren Inzisivus zur NB-Linie. Bei den BIO-Fällen ist die Verkleinerung des $\bar{1}$ -NB-Winkels mit $1,20^{\circ}$ deutlicher als bei der Vergleichsgruppe ($0,13^{\circ}$).

Variable $\underline{1}$ -NA (mm)

Die Tendenz zur Vergrößerung des Abstandes der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren oberen Schneidezahnes zur NA-Linie bei den BIO-Fällen und zur Verkleinerung bei der Vergleichsgruppe wird beibehalten. Die Vergrößerung bei den BIO-Fällen beträgt $0,41$ mm, die Verkleinerung bei der Vergleichsgruppe beträgt $0,02$ mm.

Variable $\bar{1}$ -NB (mm)

In beiden Gruppen verringert sich, im Gegensatz zur signifikanten Vergrößerung vom 1. zum 2. Zeitpunkt, der Abstand der Inzisalkante des am weitesten vorne stehenden mittleren unteren Schneidezahnes zur NB-Linie. Bei den BIO-Fällen beträgt die Verkleinerung $0,25$ mm, bei der Vergleichsgruppe $0,16$ mm.

Variable Pg-NB (mm)

Die eingeleitete Tendenz zur Vergrößerung des Abstandes des Pogonions von der Linie NB setzt sich in beiden Gruppen fort. Die Vergrößerung von Pg-NB beträgt bei den BIO-Fällen $0,04$ mm und bei der Vergleichsgruppe $0,19$ mm.

Variable N-Sp' (mm)

Auch bei der oberen anterioren Gesichtshöhe setzt sich die Tendenz zur Vergrößerung signifikant fort. Bei den BIO-Fällen beträgt die Vergrößerung 1,50 mm (SN 99%), bei der Vergleichsgruppe 1,42 mm (SN 99,9%).

Variable Sp'-Gn (mm)

In gleicher Weise setzt sich die Vergrößerung der unteren anterioren Gesichtshöhe fort. Die signifikanten Vergrößerungen fallen bei den BIO-Fällen mit 2,17 mm (SN 99,9%) deutlicher aus als bei der Vergleichsgruppe (Vergrößerung von Sp'-Gn um 1,11 mm, SN 99%).

Variable N-Sp' / Sp'-Gn x 100 (%)

Der anteriore Gesichtssindex ergibt unterschiedliche Werte. Während bei den BIO-Fällen eine Verkleinerung des Quotienten aus N-Sp' und Sp'-Gn um 0,22% festzustellen ist, vergrößert sich der Quotient bei der Vergleichsgruppe um 0,99%.

- C - D für Bio- und Vergleichsgruppe

Variable SNA (°)

Bei den Bio-Fällen vergrößert sich der Grad der Prognathie signifikant um 0,86° (SN 95%). Im Gegensatz dazu verkleinert sich der SNA-Winkel bei der Vergleichsgruppe um 0,42°.

Variable SNB (°)

Wie schon bei der Differenz vom 2. zum 3. Zeitpunkt läßt sich bei der Vergrößerung des Prognathiegrades der Mandibula bei den BIO-Fällen (1,20°, SN 99%) eine Signifikanz nachweisen, während dies bei der Vergleichsgruppe (Zunahme von SNB um 0,34°) nicht gelingt.

Variable ANB (°)

Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung des SNA-Winkels fällt die Verkleinerung des ANB-Winkels bei den BIO-Fällen mit $0,47^\circ$ nicht so deutlich aus wie bei der Vergleichsgruppe. Die Differenz von SNA und SNB verringert sich bei der Vergleichsgruppe signifikant um $0,81^\circ$ (SN = 99%).

Variable SNPg (°)

Die Tendenz zur Vergrößerung der sagittalen Prominenz des Kinns in mesialer Richtung setzt sich verstärkt fort. Bei beiden Gruppen liegt eine signifikante Vergrößerung des SNPg-Winkels vor, bei den BIO-Fällen beträgt die Differenz $1,22^\circ$ (SN 99%), bei der Vergleichsgruppe beträgt sie $0,88^\circ$ (SN 99%).

Variable ML-NSL (°)

Die Verkleinerung des Winkels ML-NSL, die schon an der Differenz vom 2. zum 3. Zeitpunkt erkennbar war, setzt sich in verstärktem Maße und signifikant fort. Die Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis verringert sich bei den Bio-Fällen um $1,68^\circ$ (SN 99%) und bei der Vergleichsgruppe um $3,33^\circ$ (SN 95%).

Variable NL-NSL (°)

Während bei der Vergleichsgruppe sich die Neigung der Maxilla zur anterioren Schädelbasis analog zu den vorhergehenden Messungen und signifikant um $0,73^\circ$ (SN 95%) vergrößert, verkleinert sich der NL-NSL-Winkel bei den BIO-Fällen um $0,46^\circ$.

Variable ML-NL (°)

Analog zu den übrigen Zeitpunkten verkleinert sich der vertikale Interbasalwinkel, dieses Mal jedoch hoch sig-

nifikant. Bei den Bio-Fällen verkleinert sich der ML-NL-Winkel um $1,20^\circ$ (SN 99,9%), bei der Vergleichsgruppe beträgt die Verkleinerung $2,66^\circ$ (SN 99,9%).

Variable NSBa ($^\circ$)

Deutliche Unterschiede ergeben sich bei den Werten des NSBa-Winkels. Während sich bei den BIO-Fällen der Winkel signifikant um $1,17^\circ$ (SN 95%) verkleinert, vergrößert sich der NSBa-Winkel bei der Vergleichsgruppe um $2,75^\circ$.

Variable Gn-tgo-Ar ($^\circ$)

Beide Gruppen zeigen eine hochsignifikante Verkleinerung des Kieferwinkels. War die Verkleinerung vom 2. zum 3. Zeitpunkt bei den BIO-Fällen wesentlich ausgeprägter, so ist jetzt eine Verkleinerung des Kieferwinkels von $1,61^\circ$ (SN 99,9%) bei den BIO-Fällen im Vergleich zu einer Verkleinerung von $3,39^\circ$ (SN 99,9%) bei der Vergleichsgruppe zu registrieren.

Variable N-W ($^\circ$) (= Norderval-Winkel)

Die vom zweiten zum dritten Zeitpunkt eingeleiteten gegenläufigen Veränderungen setzen sich fort. Bei den Bio-Fällen nimmt die Kinnprominenz in Relation zur Mandibularebene um $0,52^\circ$ zu, bei der Vergleichsgruppe erfolgt dagegen eine Abnahme um $1,17^\circ$.

Variable H-W ($^\circ$) (= Holdaway-Winkel)

Die eingeleitete Tendenz im Sinne einer Verkleinerung des Holdaway-Winkels wird signifikant beibehalten. Die Verkleinerung bei den BIO-Fällen beträgt $2,10^\circ$ (SN 99%), bei der Vergleichsgruppe ist eine Verkleinerung um $3,11^\circ$ (SN 99,9%) zu verzeichnen.

Variable $\underline{1}-\bar{1}$ (°)

Der Interinzisalwinkel als Maß für die Achsenneigung von Oberkiefer- und Unterkieferschneidezähnen zueinander vergrößert sich mit $0,36^\circ$ bei den BIO-Fällen merklich weniger als bei der Vergleichsgruppe, bei der die Vergrößerung $1,86^\circ$ beträgt.

Variable $\underline{1}-NA$ (°)

In beiden Gruppen steigt der Wert des Oberkieferinzisivi-Achsenneigungswinkels an. Während aber bei den Bio-Fällen lediglich eine Zunahme des Neigungswinkels von $0,57^\circ$ auffällt, steigt $\underline{1}-NA$ in der Vergleichsgruppe um $3,13^\circ$ an.

Variable $\bar{1}-NB$ (°)

Durch eine Verkleinerung des Winkels $\bar{1}-NB$ verringert sich die Achsenneigung der Unterkieferinzisivi in beiden Gruppen. Einer vergleichsweise bescheidenen Verringerung des Winkels bei den Bio-Fällen ($0,45^\circ$) steht eine signifikante Verkleinerung bei der Vergleichsgruppe ($3,98^\circ$, SN 99%) gegenüber.

Variable $\underline{1}-NA$ (mm)

Der lineare Abstand der oberen mittleren Schneidekante von der Linie NA vergrößert sich in beiden Gruppen (Bio-fälle $0,65$ mm; Vergleichsgruppe $0,36$ mm).

Variable $\bar{1}-NB$ (mm)

Eine unterschiedliche Entwicklung fällt beim sagittalen Abstand der unteren mittleren Schneidekante von der Linie NB auf. Während sich der Abstand bei den Bio-Fällen geringfügig um $0,18$ mm erhöht, verringert er sich bei der Vergleichsgruppe signifikant um $0,86$ mm (SN 95%).

Variable Pg-NB (mm)

Die Tendenz zur Vergrößerung des Abstandes vom Pogonion zur Linie NB setzt sich in beiden Gruppen fort. Einer sehr geringen Vergrößerung von 0,05 mm bei den BIO-Fällen steht jedoch eine hochsignifikante Vergrößerung um 1,39 mm (SN 99,9%) bei der Vergleichsgruppe gegenüber.

Variable N-Sp' (mm)

In beiden Gruppen setzt sich die gleichartig ausgeprägte Tendenz zur Vergrößerung der oberen anterioren Gesichtshöhe fort. Deutliche Unterschiede sind jedoch im Ausmaß der Veränderung zu verzeichnen. Bei den BIO-Fällen liegt eine Vergrößerung um 0,82 mm vor, bei der Vergleichsgruppe eine hochsignifikante Vergrößerung um 3,69 mm (SN 99,9%).

Variable Sp'-Gn (mm)

Wiederum signifikant fällt die Vergrößerung der unteren anterioren Gesichtshöhe aus (BIO-Fälle 2,27 mm, SN 99,9%; Vergleichsgruppe 4,70 mm, SN 99,9%). Ähnlich wie bei der Variablen N-Sp' fällt die Vergrößerung in der Vergleichsgruppe deutlicher aus.

Variable N-Sp' / Sp'-Gn x 100 (%)

Bei den Bio-Fällen nimmt der anteriore Gesichtsinde-
x weiter ab (Verringerung um 1,31%). In der Vergleichs-
gruppe ist vom dritten zum vierten Zeitpunkt praktisch
keine Veränderung (Verkleinerung um 0,02%) erkennbar.

- Differenzen zwischen A - C, B - C und A - D
zwischen Vergleichsgruppe und Bionatorgruppe
(siehe Tabelle 10)

Für die Differenzprüfung zwischen dem ersten und dritten resp. ersten und vierten Zeitpunkt sowie dem Zeitabschnitt zwischen dem sogenannten Zwischenbefund und dem Kontrollbefund kann wegen der in der Grundtendenz ähnlichen Aussage auf eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Variablen verzichtet werden.

Hier fällt lediglich auf, daß der Winkel SNA, der den maxillären Prognathiegrad beschreibt, einen hochsignifikanten Unterschied von $1,56^\circ$ zwischen Vergleichsgruppe und Bionatorgruppe zeigt. Dies erhärtet den Unterschied beider Gruppen in diesem Bereich.

Ebenso fällt mit einer hochgradigen Differenz von $1,84^\circ$ der SNB-Winkel in der Langzeitbetrachtung von A - D zwischen Vergleichsgruppe und Bionatorgruppe auf.

Bezüglich der dentoalveolären Variablen ist wiederum die Veränderung im Unterkieferfrontzahnbereich bemerkenswert. Obwohl nur mit einer Signifikanz auf dem 0,05%-Niveau, zeigt sich doch ein Unterschied zwischen Vergleichsgruppe und Bionatorgruppe. Damit ist die Protrusion der Oberkieferfront, wenn auch in geringem Ausmaße, in der Bionatorgruppe belegt.

5. DISKUSSION

5.1. Kritische Betrachtung aller kephalometrischen Variablen beider Gruppen zu allen vier Zeitpunkten

Die kephalometrischen Daten, die zur Klassifikation des Gesichtstyps herangezogen werden, umfassen die Variablen SNA, SNB, NL-NSL, ML-NSL und NSBa.

Bei Betrachtung der Mittelwerte der Anfangswerte für die Bionatorgruppe fällt auf, daß alle Variablen im orthognathen Harmoniebereich einzuordnen sind. Eine mehr retrognathe Position von SNB charakterisiert die distale basale Relation. Die Kieferbasen sind stets anterior geneigt. In ähnlicher Weise sind diese repräsentativen Variablen bei der Klassifikation des Gesichtstyps für die Anfangswerte der Vergleichsgruppe zu beurteilen. Der Unterschied liegt in einer geringeren Streuung dieser Variablen in der Bionatorgruppe als in der Vergleichsgruppe. Der Prognathiegrad in der Vergleichsgruppe tendiert im Mittelwert sowohl für Maxilla als auch für Mandibula zu den retrognathen Werten. Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Die sagittale basale Differenz ANB ist vergleichbar, auch wenn die Streuung größer ist. Für die vertikale basale Relation ist klinisch interessant, daß die mandibuläre Neigung nach anterior ausgeprägter ist in der Vergleichsgruppe als in der Bionatorgruppe. Die maxilläre Neigung dagegen ist ganz leicht mehr posterior geneigt im Verhältnis zur Bionatorgruppe. Dieser geringe Unterschied wird etwas auffälliger in der vertikalen basalen Beziehung ML-NL, der in den Vergleichsgruppen kleiner auffällt.

Diese Aussage wird auch durch den anterioren Gesichtsin-
dex unterstrichen, der in der Vergleichsgruppe durch
größere Werte eine mehr tiefe anteriore Gesichtshöhe
im unteren Bereich charakterisiert.

Trotz dieser geringen Unterschiede kann jedoch die Homo-
genität der Anfangsbefunde nicht geleugnet werden, da
eine Differenz nicht signifikant auffällt.

Bezüglich der Veränderung durch Bionator resp. Zusatzge-
räte fällt auf, daß bis zum Ende der jeweils am Anfang
gleichen, dann unterschiedlichen Behandlung sich Unter-
schiede bemerkbar machen.

Diese Unterschiede von A - C betreffen insbesondere die
mandibulären Werte im Gesichtswinkel und die obere sowie
untere Gesichtshöhe. Bis zum Ende der Behandlung hat sich
ein geräteabhängiger Unterschied vor allem durch eine aus-
geprägtere Vergrößerung von SNB resp. SNPg in der Biona-
torgruppe gegenüber der Vergleichsgruppe herausgestellt.
Dieser Unterschied verstärkt sich noch in der nachfolgen-
den Zeit, so daß zum Beobachtungszeitpunkt D ein noch auf-
fälligerer Unterschied resultiert. Die Werte für die Zu-
nahme von SNB von $2,81^\circ$, SNPg von $2,88^\circ$ der Bionatorgruppe
mit einer Signifikanz auf der 0,001%-Niveau gegenüber der
Zunahme von nur $0,97^\circ$ für SNB und $1,55^\circ$ für SNPg, jedoch
ebenfalls signifikant, in der Vergleichsgruppe, ist auf-
fällig. Daraus ließe sich ableiten, daß die mit Bionator
behandelten Patienten ein ausgeprägteres Wachstum im man-
dibulären Bereich zeigten. Diese Aussage ist jedoch in
Zusammenhang mit dem Gesichtstyp zu diskutieren. In der
Bionatorgruppe war die engere Streuung der repräsentati-
ven Variablen im orthognathen Bereich zu finden und damit
die noch unproblematischere primäre Morphologie.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß kein signifikanter Unterschied zwischen Bionator- und Vergleichsgruppe besteht. Hier müßte das individuelle Wachstumsverhalten, das aus der strukturellen Morphologie der Mandibula nach der Empfehlung von BJÖRK abgeleitet werden kann, in die Diskussion mit einbezogen werden.

Die zunehmende Verkleinerung von ANB sowohl in der Bionator- als auch in der Vergleichsgruppe kann in Relation zu dieser mandibulären Veränderung gesehen werden. Die ANB-Verkleinerung ist jedoch in der Bionatorgruppe größer und steigt in beiden Gruppen auch nach Beendigung der Behandlung weiter an, wiederum ausgeprägter in der Bionatorgruppe. In der Vergleichsgruppe ist für die Verkleinerung des ANB-Winkels auch eine signifikante Reduktion des SNA-Wertes verantwortlich. Diese Reduktion ist primär vom Zeitpunkt B - D zu verzeichnen mit $0,59^\circ$ und direkt in Relation zu den angewendeten Geräten, insbesondere zur Headgearapplikation zu sehen. Bei der Bionatorgruppe vergrößert sich vom zweiten zum dritten Zeitpunkt der SNA-Wert, was auf ein nicht kontrolliertes Wachstum hinweist. Diese Vergrößerung steigt ganz schwach an bis zum vierten Zeitpunkt der Beobachtung, hier jedoch ohne Signifikanz. Dem entgegen bleibt die wachstumshemmende Wirkung für die Maxilla von C - D in der Vergleichsgruppe erhalten. Auch hier läßt sich wieder eine therapieabhängige Veränderung vermuten.

Besonders interessant scheint die Veränderung in der Vertikalebene. In der Bionatorgruppe verändert sich der Interbasalwinkel erst vom zweiten zum dritten Zeitpunkt, also von B nach C, im Sinne einer Verkleinerung (ML-NL $-2,19^\circ$, $p \leq 0,001$). Auch die Veränderung in der Vergleichsgruppe fällt im Sinne einer Verkleinerung auf, ist jedoch

mit $3,17^\circ$ größer. Diese Veränderung ist mit Sicherheit abhängig vom in diesem Zeitraum beim Patienten vorliegenden Wachstum innerhalb des pubertären Zeitraumes. Erstaunlich ist, daß die Veränderung in der Vergleichsgruppe größer ist als in der Bionatorgruppe. Dies kann geräteabhängig sein, da durch die verwendete Headgear-Apparatur und die Multiband-Apparatur genügend vertikale Kontrolle im Seitenzahnggebiet eingebaut wurde. Schuld für diese Verkleinerung von ML-NL ist vornehmlich die Verkleinerung der mandibulären Neigung im Sinne einer anterioren Rotation. Hier sind wiederum wachstumsbedingte Effekte in die Diskussion mit einzubeziehen. Der Unterschied zwischen den beiden Behandlungsgruppen muß jedoch auch auf einen gerätespezifischen Effekt zurückzuführen sein. Interessant ist, daß beide Behandlungsgruppen nicht eine posteriore Rotation der Mandibula durch das Einsetzen der kieferorthopädischen resp. orthodontischen Geräteeffekte erbracht haben.

In der Zeit nach Absetzen der Apparaturen verstärkt sich vornehmlich in der Bionatorgruppe diese eingeleitete interbasale Verkleinerung, jedoch nur minimal. Im großen und ganzen bleiben die Werte stabil. Das Gleiche gilt insbesondere für die Vergleichsgruppe. Hier ist kein Unterschied zwischen dem zweiten und vierten Zeitpunkt, und dem ersten und vierten Zeitpunkt, also der Gesamtbeobachtungszeit, zu verzeichnen (jeweils ML-NL Verkleinerung von $3,17^\circ$, $p \leq 0,001$).

Anders verhält es sich beim H-Winkel, der das Weichteilprofil in seiner Veränderung beschreibt. Hier ist primär in der Bionatorgruppe die Veränderung leicht ausgeprägter als in der Vergleichsgruppe, obwohl beide Veränderungen

im Sinne einer Verkleinerung hoch signifikant sind. In der weiteren Beobachtungszeit halten sich die Veränderungen die Waage, verstärken sich jedoch auffällig nach Abschluß der Behandlung, was mit einer weiteren natürlichen Begradigung des Gesichtsprofiles durch Wachstum einhergeht.

Eine ähnliche Aussage findet sich für den Gesichts-Index. Die in allen Zeitabschnitten auffällige Vergrößerung der oberen und unteren Gesichtshöhe dominiert vor allem für den unteren Bereich in der Bionatorgruppe ausgeprägter als in der Vergleichsgruppe im gesamten Behandlungszeitraum. Die Gegenüberstellung der Veränderung von A - C in der Vergleichsgruppe zur Biogruppe bringt eine Differenz von 3,59 mm zugunsten der Bionatorgruppe.

Die Veränderungen in der unteren Gesichtshöhe zeigen in der Langzeitbetrachtung bis zum vierten Zeitpunkt dann keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen der Vergleichs- und Bionatorgruppe, der Index jedoch fällt mit einer Differenz von -2,88 zugunsten der Bionatorgruppe auf. Das bedeutet, die Gruppe mit Zusatzbehandlung zeigt eine kleinere untere Gesichtshöhe zum Kontrollzeitpunkt als die Fälle, die nur mit Bionator versorgt wurden.

Bei Betrachtung aller kephalometrischen Variablen, die den Gesichtstyp charakterisieren, zeigt sich für die Bionatorgruppe eine mehr harmonische Einlagerung der einzelnen Variablen im orthognathen Bereich. Die typische Konfiguration mit anteriorer Inklination der Kieferbasen bleibt jedoch, trotz sagittalem basalen Ausgleich, erhalten. In der Vergleichsgruppe liegt der Wert SNA weiter prognath, jedoch mehr harmonisch zu SNB in der sagittalen Relation. Die anterioren Neigungen von Maxilla und Mandibula sind sehr deutlich zu erkennen, insbesondere für die Mandibulaneigung.

Daraus folgt, daß ein harmonisierender Effekt für beide Behandlungen für die skelettalen Variablen erreicht werden konnte, daß jedoch die anteriore Inklination der Kieferbasen ein durchaus akzeptables morphologisches Konzept charakterisieren können.

Von den dentoalveolären Variablen ist in der einzelnen Gruppenbetrachtung hauptsächlich die Stellung des Unterkieferinzisivus ($\bar{I}$ -NB, gemessen in mm) von Interesse. Die leichte Protrusion in der Bionatorgruppe vom Anfangs- bis zum Endbefund mit 0,77 mm (signifikant auf dem 0,01%-Niveau) erfährt bis zum Zeitpunkt D noch einmal eine leichte Verstärkung. Die Differenz A - B beträgt 0,95 mm (0,01%-Niveau). Die primäre Veränderung von A - C ist in der Vergleichsgruppe völlig gleich. In der Langzeitbetrachtung A - D jedoch zeigt sich, daß diese leichte Protrusion offenbar wieder rückläufig war, da jetzt keine signifikante Veränderung zum Anfangsbefund auffällig ist ($\bar{I}$ -NB = 0,09 mm von A - D).

Der Oberkieferinzisivus ändert sich lediglich in der Bionatorgruppe im Sinne einer Protrusion im Zeitraum B - D. In der Gesamtbetrachtung von A - D ist diese Protrusion gleich zu bewerten, so daß nach Abschluß der Behandlung hier kaum mehr Veränderungen eingetreten sind. Die Veränderungen im Bereich des Oberkieferinzisivus in der Vergleichsgruppe sind durchwegs signifikant, können jedoch als leichte Protrusion primär und später wieder als Retrusion angesehen werden, so daß der Ausgangsbefund erreicht wird.

Bemerkenswert wäre noch der Kieferwinkel. Er entspricht einmal in seiner Größe in den Anfangsbefunden dem Normwert, der für orthognathe Gesichter angegeben ist. Seine

Veränderung ist signifikant in der Langzeitbetrachtung im Sinne einer Verkleinerung, die in der Vergleichsgruppe schwach überwiegt (Signifikanz von B - C und C - D).

5.2. Kritische Gegenüberstellung zu Daten in der Literatur

Ein Vergleich der in der vorliegenden Studie gefundenen Veränderungen bestimmter kephalometrischer Variablen soll im folgenden mit Angaben aus der Literatur vorgenommen werden. Dabei wurde darauf geachtet, daß neuere Literatur berücksichtigt wird, die in etwa vergleichbare Messungen am Fernröntgenseitenbild angeben.

Variable SNA:

Die in der vorliegenden Studie für die reine Bionatorgruppe zu beobachtende leichte Vergrößerung von SNA ($\bar{x} = 0,86^\circ$) kann vor allem mit den funktionskieferorthopädischen Geräten verglichen werden, die REMMER anwendet. Er beschreibt die Anwendung von Aktivator und FRÄNKEL-Apparatur, die bei ihm eine leichte Vergrößerung im maxillären Bereich zeigen. Im Gegensatz dazu steht die von ihm verwendete Edgewise-Technik, die zu einer Reduktion in diesem Bereich führt. Dies ist vergleichbar mit der vorliegenden Gruppe II (Gruppe mit Zusatzbehandlung), bei der eine Verkleinerung von SNA um $-0,7^\circ$ auffällt.

Bei Verwendung von Aktivatoren gibt WIESLANDER ebenfalls eine Vergrößerung im maxillären Bereich an. Bei unbehandelten Probanden findet er ebenfalls eine Vergrößerung der Maxilla, aber jetzt fast doppelt so groß. Diese unterschiedlichen Veränderungen weisen auf einen wachstumhemmenden Einfluß des Aktivators hin.

PANCHERZ und HARVOLD/VARGERVIK, die ebenfalls einen Aktivator verwenden, zeigen schwache, jedoch signifikante

Hemmung im maxillären Bereich. Daraus wäre die Vermutung abzuleiten, daß eine bessere Verankerung dieser Geräte im Oberkiefer erfolgte als in der vorliegenden Studie.

Erstaunlich ist, daß auch McNAMARA, der seine Patienten mit einer FRÄNKEL-Apparatur versorgt, eine leichte Reduzierung im maxillären Bereich erhält. Diese ist größer bei den "älteren" Patienten (jedoch alle im vorpubertären resp. pubertären Zeitraum).

Besonders interessant erscheinen die Angaben von JONAS: Sie differenziert bei ihren Aktivator-Patienten zwischen vertikalem und horizontalen Gesichtsschädelaufbau. Bei den horizontal wachsenden Patienten findet sie eine ausgeprägtere Reduzierung im maxillären Bereich als bei den vertikal wachsenden Probanden. Hier vergrößert sich der SNA-Wert.

Eine Behandlung mit einer extraoralen Apparatur, Headgear, bringt stets eine Verkleinerung des SNA-Wertes (PFEIFFER u. GROBETZ: Aktivator und Headgear mit $-2,2^\circ$, JONAS: Headgear mit $-1,2^\circ$ für die Mittelwerte).

Eine Wirkung auf den maxillären Bereich scheint dem Bionator nicht zugeschrieben werden zu können.

Variable SNB:

Die auffällige Vergrößerung des SNB-Winkels in der reinen Bionatorgruppe, $\bar{x} = 2,81^\circ$, im Gegensatz zu der kleineren Vergrößerung in der Gruppe mit Zusatzbehandlung ($\bar{x} = +0,97^\circ$) zeigt vergleichbare Werte in der Literatur.

Auch PANCHERZ findet mit Nur-Aktivator-Behandlung eine Vergrößerung von SNB ($\bar{x} = 1,3^\circ$), die jedoch kleiner ist als die Veränderung in der vorliegenden Bionatorgruppe, aber größer als in der Vergleichsgruppe.

McNAMARA belegt mit FRÄNKEL-Behandlung ebenfalls eine Vergrößerung des Wertes. Seine Angabe mit $1,1^\circ$ resp. $1,2^\circ$ bei primären Kl. II-Patienten entspricht der Veränderung

des ersten Beobachtungszeitraumes von A-B. In der vorliegenden Studie verändert sich SNB in der Bionatorgruppe um $1,05^\circ$ hochsignifikant, in der Vergleichsgruppe nur um $0,47^\circ$ schwachsignifikant. Infolge der großen Probandenzahl in seiner Gruppe, die er mit der FRÄNKEL-Apparatur behandelt hat, eignet sich die Aussage von McNAMARA am besten zum Vergleich mit der Untersuchung von I. JANSON. Hier wurden 134 Patienten nur mit Bionator in einem vergleichbaren ein- bis zweijährigen Behandlungszeitraum versorgt. JANSON gibt eine Veränderung des SNB-Winkels im Sinne einer Vergrößerung von $+0,2^\circ$ an. Die größere Veränderung McNAMARAS, die der Veränderung der vorgelegten Studie, jedoch bei einem wesentlich kleineren Probandengut entspricht, kann auf eine engere Patientenselektion in der McNAMARA-Untersuchung zurückgeführt werden.

Bei Anwendung von Kombinationsgeräten, wie es MESCH, PFEIFFER und GROBETY sowie BASS angeben, kommt es ebenfalls zu einer Vergrößerung von SNB. Diese liegt jedoch weit unter der Gruppe, die nur mit funktionskieferorthopädischen Geräten versorgt werden: MESCH Bionator und Headgear: $+ 0,8^\circ$, PFEIFFER und GROBETY Aktivator und Headgear: $+ 0,3^\circ$. Lediglich BASS spricht von einer stärkeren Zunahme des SNB-Wertes, bei dem jedoch keine näheren Meßdaten angegeben sind. Hier sind wieder unterschiedliche Gerätekonstruktionen sowie der unterschiedliche Ansatz der extraoralen Apparatur zu diskutieren.

Variable ANB:

Die Verkleinerung des ANB-Winkels in der vorliegenden Studie, besonders ausgeprägt in der reinen Bionatorgruppe mit $\bar{x} = -1,96^\circ$ im Gegensatz zur Gruppe mit Zusatzbehandlung mit $\bar{x} = -1,52^\circ$, wird von fast allen Autoren, die mit funktionskieferorthopädischen Geräten behandeln, ebenfalls aufgezeigt.

WIESLANDER beschreibt durch Aktivator eine ausgeprägtere Verkleinerung des ANB-Winkels mit $-2,32^\circ$.

McNAMARA findet lediglich eine Verkleinerung von $-1,9^\circ$ in der Patientengruppe, die er als "older age" bezeichnet und die scheinbar bereits in der Pubertät stehen.

PANCHERZ, der ebenfalls einen Aktivator bei seinen Kl. II₁-Patienten verwendet, findet eine geringere Verkleinerung des ANB-Winkels mit $-1,8^\circ$ bei einer geringeren Verkleinerung von SNA mit $-0,5^\circ$, jedoch Vergrößerung von SNB um $1,9^\circ$. Auch hier sind unterschiedliche Gerätekonstruktionen sicher mit verantwortlich.

Bei Anwendung von Kombinationsgeräten, Bionator und Headgear (MESCH), und Aktivator und Headgear (PFEIFFER und GROBETY) fällt die geringe Reduzierung in der Bionator/Headgear-Gruppe auf. Wiederum jedoch kann dies in Relation zur geringeren Verkleinerung von SNA diskutiert werden und somit in Bezug auf die unterschiedliche Gerätekonstruktion.

Bei nur Headgear-Anwendung, wie JONAS sie beschreibt, steht die Verkleinerung von ANB mit $-1,3^\circ$ in direktem Zusammenhang mit der SNA-Verkleinerung von $-1,2^\circ$.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Aussagen von WILLIAMS, LEIGHTON und NIELSON (106), die bei unbehandelten Kl. I-Probanden eine Verkleinerung des ANB-Winkels um $-1,1^\circ$ finden bei einer gleichzeitigen Vergrößerung von $+1,2^\circ$ bei SNB. Daraus folgt, daß die mandibuläre Vergrößerung SNB um $2,3^\circ$, die auf unbeeinflusstes Wachstum zurückgeht, mit schuld an der ANB-Verkleinerung ist.

Aus diesem Grunde müssen für alle sagittalen Wachstumsveränderungen die natürlichen Veränderungen infolge individuellen Wachstums der einzelnen Probanden mit einkalkuliert werden.

JANSON zeigt bei Kl. II-Patienten eine unbeeinflusste Wachstumsveränderung von $-0,5^\circ$ innerhalb eines Beobachtungszeitraumes, der mit der vorliegenden Differenz zwischen A-B verglichen werden kann. Die mandibulären Werte SNB verändern sich um $+0,2^\circ$.

Variable NL-NSL

Bezüglich der Neigung der Maxilla NL-NSL kann nur mit wenigen Daten aus der Literatur verglichen werden, da zu unterschiedliche Messungen in diesem Bereich auffallen.

MESCH findet bei Anwendung von Bionator und Headgear eine Vergrößerung der Neigung um $0,3^\circ$ in einem Beobachtungszeitraum von ein bis zwei Jahren während des Wachstums. Dies entspricht der Gesamtveränderung von A-D der vorliegenden Studie in der Bionatorgruppe. Die Veränderung in der Gruppe mit Zusatzbehandlung liegt wesentlich höher mit $1,16^\circ$.

Die natürliche Veränderung wird von JANSON bei unbehandelten Probanden mit $+0,1^\circ$ angegeben, jedoch wiederum nur für den Beobachtungszeitraum A-B. Für diesen Beobachtungszeitraum fällt in der vorliegenden Gruppe ein vergleichbarer Unterschied auf. Demnach ist kein Einfluß durch Bionatorbehandlung in diesem Bereich erkennbar.

Variable ML-NSL

Auch für die Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis stehen nur wenige vergleichbare Daten aus der Literatur zur Verfügung, da die Messung in diesem Bereich zu unterschiedlich ausfällt.

Die vorliegende Veränderung im Sinne einer Verkleinerung dieses Winkels um $-3,34^\circ$ in der Gruppe mit Zusatzbehandlung ähnelt den Veränderungen, die WILLIAMS, LEIGHTON und NIELSON bei unbehandelten Patienten finden. Hier wird die Veränderung zwischen dem 11. und 19. Lebensjahr bei 33 Patienten mit einem Wert von $-4,3^\circ$ angegeben, allerdings

für Kl. I-Patienten. In der vorliegenden Nur-Bionator-Gruppe ist die Verkleinerung wesentlich geringer, $\bar{x} = -2,16^\circ$, für die Gesamtbeobachtungszeit von A-D. Diese Beobachtungszeit ist vergleichbar mit der Beobachtungszeit von WILLIAMS, LEIGHTON und NIELSON.

In der kürzeren Beobachtungszeit A-B fällt für ML-NSL sowohl in der Bionatorgruppe wie auch in der Vergleichsgruppe eine geringe Vergrößerung, jedoch nicht signifikant, auf: In der Bionatorgruppe mit $0,1^\circ$, in der Vergleichsgruppe mit $+0,22^\circ$. Dies entspricht der Veränderung, die auch JANSON in der unbehandelten Vergleichsgruppe mit $+0,1^\circ$ angibt. In der Gesamtbetrachtung könnte dem Bionator die Fähigkeit eingeräumt werden, gegen die natürliche anteriore Rotation der Mandibula zu wirken. Diese Aussage kann jedoch nicht mit Signifikanz belegt werden.

Variable ML-NL

Die Veränderungen im Interbasalwinkel, wiederum im Sinne einer Verkleinerung, sind mit jenen der mandibulären Neigung ML-NSL zu vergleichen. In Relation zu Aussagen der Literatur fällt auf, daß die unbehandelten Kl. I-Probanden von WILLIAMS, LEIGHTON und NIELSON eine Verkleinerung von $-4,1^\circ$ für ML-NL aufweisen und somit in Relation zur vorliegenden Bionatorveränderung mit $-2,48^\circ$ und Veränderung in der Gruppe mit Zusatzbehandlung von $-3,17^\circ$ größer ist.

MESCH findet mit Bionator und Headgear eine Verkleinerung von $-1,1^\circ$, wobei wiederum die vertikale Komponente der Geräteaktion angesprochen wäre.

Schlußbetrachtung

Die übrigen Variablen können nicht direkt mit Daten aus der Literatur verglichen werden, weil zu unterschiedliche Meßverfahren bezüglich der repräsentativen mandibulären und maxillären Strukturen angegeben sind.

Generell kann festgehalten werden, daß die Patienten, die nur mit Bionator behandelt werden, einen geringeren Einfluß auf die Maxilla haben als andere funktionskieferorthopädische Geräte, wie z.B. der Aktivator, jedoch einen größeren Einfluß auf den mandibulären Bereich, wiederum im Gegensatz zu Aktivator.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie erlauben, in Abhängigkeit der hier aufgestellten Fragen, als Schlußfolgerungen abzuleiten:

- 1) Die untersuchten Gruppen, Patienten, die nur mit Bionator behandelt wurden, und Patienten, die eine Zusatzbehandlung brauchten, zeigen zu Behandlungsbeginn homogene skelettale und dentoalveoläre Variablen. Auf der Basis der geringeren Streuung der Werte in der reinen Bionatorgruppe wird jedoch in der Tendenz ein Unterschied in der morphologischen Struktur auffällig. Diese betrifft insbesondere die fünf Variablen, die den Gesichtstyp beschreiben, nach der Klassifikation von HASUND (39). Die Verteilung liegt in der reinen Bionatorgruppe mehr im orthognathen Feld mit einer moderaten ANB-Differenz. Die Kieferbasen, Maxilla und Mandibula, sind stets nach anterior geneigt. Diese anteriore Neigung ist jedoch in der reinen Bionatorgruppe mit geringerer Abweichung auffällig.
- 2) Die Unterschiede der kephalometrischen Variablen zu dem untersuchten zweiten Zeitpunkt - während der Behandlung - sind gering. Bis zu diesem Zeitpunkt B waren auch beide Patientengruppen mit dem gleichen Gerät, Bionator, versorgt worden. Der geringe Unterschied im mandibulären Bereich zugunsten der Nur-Bionatorgruppe kann auf die engere Selektion dieser Patienten zurückgeführt werden.
Der immer größer werdende Unterschied der kephalometrischen Variablen zu den weiteren untersuchten Zeit-

punkten am Behandlungsende (C) sowie 5 Jahre danach kann neben der morphologischen Grundbasis auch auf den unterschiedlichen Geräteeinsatz bezogen werden.

Demnach entspricht die maxilläre Veränderung im Sinne einer Verkleinerung dem größeren Kräfteinsatz am Oberkiefer durch die extraorale Apparatur.

Die auffällige Vergrößerung der mandibulären Variablen in der Sagittalen für die reine Bionatorgruppe, vornehmlich auch im Zeitraum nach Abschluß der Behandlung, deutet ein ungehindertes Wachstum der Mandibula an.

Auch bezüglich der dentoalveolären Variablen wird ein Unterschied auffällig: Der Unterkieferinzisivus, der im ersten Behandlungszeitraum in beiden Gruppen durch Bionator stets protrudiert wird, etwas ausgeprägter in der reinen Bionatorgruppe, erfährt dann eine Aufrichtung, jedoch nicht signifikant. Nach Abschluß der Behandlung fällt diese Aufrichtung in der Vergleichsgruppe mit schwacher Signifikanz auf. Dies muß wiederum auf die differenziertere Kontrolle von Maxilla und Oberkieferinzisivus zurückgeführt werden.

- 3) Bei Gegenüberstellung der beiden Behandlungsgruppen könnte dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator in der Modifikation nach ASCHER eine besondere Wirkung bei alleiniger Anwendung auf den skelettalen Bereich zugeschrieben werden. Diese ist jedoch nur bei einem besonderen Gesichtstyp bei moderater Disharmonie der skelettalen Werte möglich. Interessant ist mit Sicherheit der nach der Behandlung einsetzen- de Veränderungsspielraum im Sinne einer Vergrößerung der sagittalen mandibulären Werte. Dies könnte darauf hindeuten, daß es durch das funktionskieferorthopädi-

sche Gerät Bionator in der Modifikation nach ASCHER tatsächlich zu einer Enthemmung der natürlich vorhandenen Wachstumskräfte in größerem Ausmaß gekommen ist wie in der Gruppe mit Zusatzbehandlung.

Eine definitive Aussage über die Wirkung des Bionators ließe sich jedoch nur im Vergleich zu einer unbehandelten Probandengruppe mit gleicher skelettaler Morphologie, gleichem Wachstumsverhalten und gleichem Beobachtungszeitraum ableiten.

7. ZUSAMMENFASSUNG

58 Patienten mit dem klinischen Befund einer Klasse II-Malokklusion wurden mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator in der Modifikation nach ASCHER versorgt. Nach dem sagittalen und vertikalen Bißausgleich, der bei diesen Patienten nach ca. ein bis zwei Jahren eintrat, zeigte sich in der weiteren kieferorthopädischen Kontrolle, daß 26 Patienten nur mit dem Bionator (Gruppe I) bis zum Zahnwechselende behandelt werden konnten. 32 Patienten brauchten eine Zusatzapparatur (Gruppe II).

Alle Patienten wurden 5 Jahre nach Abschluß der Retention untersucht und zeigten ein funktionell wie morphologisch zufriedenstellendes Ergebnis.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die dentoalveolären und skelettalen Veränderungen, die am Fernröntgenseitenbild ersichtlich werden, während (zweiter Zeitpunkt) und nach (dritter Zeitpunkt) der kieferorthopädischen Behandlung sowie 5 Jahre nach Abschluß der Retention (vierter Zeitpunkt) bei den Patienten mit Nur-Bionator-Behandlung mit jenen, die eine Zusatzbehandlung brauchten, zu vergleichen.

Das Ergebnis zeigt, daß beide Behandlungsgruppen im Anfangsbefund (erster Zeitpunkt) homogene kephalometrische Werte aufweisen. Die Standardabweichungen zeigten jedoch eine größere Streuung in der Gruppe II. Damit ist angedeutet, daß die ausgeprägteren Disharmonien in dieser Gruppe vorliegen, ebenso wie Grenzwerte zur sonst auffälligen orthognathen Referenzbasis bezüglich der Aussage zum Gesichtstyp.

Bei weiteren Untersuchungen zeigten sich bezüglich der nächsten Zeitpunkte Unterschiede bei den kephalometrischen Variablen zwischen Gruppe I und Gruppe II. Für alle Variablen fallen Veränderungen im Sinne einer Vergrößerung resp. Verkleinerung auf. Signifikante Differenzen zeigen innerhalb der Gruppen nach dem ersten Beobachtungszeitraum, also von A - B, die mandibulären Werte wie SNB. Diese Variable verändert sich im Sinne einer Vergrößerung ausgeprägter in der Gruppe, die ausschließlich mit Bionator weiterbehandelt werden konnte ($\bar{x} = +1,05^\circ$, $p \leq 0,001$; Vergleichsgruppe $\bar{x} = 0,47^\circ$, $p \leq 0,05$). Die weitere Veränderung steht auch hier in Abhängigkeit des unterschiedlichen Geräteeinsatzes: die mandibulären Werte vergrößern sich in geringem Ausmaß in beiden Gruppen, signifikant jedoch stets etwas größer in der reinen Bionatorgruppe.

Der Unterschied bezüglich der Homogenitätsprüfung beim zweiten Zeitpunkt (= Erreichen der Kl. I nur mit Bionator in beiden Gruppen) betrifft jedoch nur die untere Gesichtshöhe. Sie vergrößert sich in der Gruppe, die dann ausschließlich mit Bionatorbehandelt wurde, wesentlich ausgeprägter ($\bar{x} = +5,5$ mm im Gegensatz zu $\bar{x} = +3,52$ mm).

Auch zum dritten Zeitpunkt wird der Unterschied nach der Homogenitätsprüfung für die untere Gesichtshöhe in beiden Gruppen auffällig. Jetzt unterscheidet sich auch der anteriore GesichtsindeX.

Weiter vergrößern sich SNB und SNP_g signifikant in der reinen Bionatorgruppe. Interessant ist hier die kleine, jedoch hoch signifikante Verkleinerung des Interbasalwinkels ML-NL mit $\bar{x} = 0,99^\circ$, ebenfalls in der Bionatorgruppe, sowie des Gonionwinkels und des N-Winkels.

Ein deutlicher Unterschied der Veränderung in den untersuchten Gruppen bringt dann der vierte Zeitpunkt, ebenfalls nach der Homogenitätsprüfung.

Die Variable SNA zeigt jetzt eine signifikante Vergrößerung von $0,86^\circ$ in der Bionatorgruppe, in der Vergleichsgruppe eine Verkleinerung von $0,42^\circ$. Diese zuvor schon sich andeutende Veränderung kann auf den unterschiedlichen Geräteinsatz zurückgeführt werden, insbesondere auf die Verwendung eines Headgears im Oberkiefer bei der Vergleichsgruppe. Der Gesamtunterschied der maxillären Veränderung von A-D zwischen Bionator und Vergleichsgruppe beträgt $1,56^\circ$ ($p \leq 0,001$) zugunsten der Vergleichsgruppe.

Dementgegen zeigt die Mandibula klare Veränderungen im Sinne einer Vergrößerung in der Gruppe, die nur mit Bionator behandelt worden war, für den Wert SNB: Bionatorgruppe $\bar{x} = 1,20^\circ$ ($p \leq 0,01$), Vergleichsgruppe $\bar{x} = -0,34^\circ$ ohne Signifikanz. Nach der Homogenitätsprüfung kann dieser Unterschied mit Signifikanz belegt werden. Hier tritt auch ein Unterschied bezüglich der Veränderung von Pg-NB in mm auf: Bionatorgruppe $\bar{x} = 0,05^\circ$ ohne Signifikanz, Vergleichsgruppe $\bar{x} = 1,39^\circ$ ($p \leq 0,001$).

In der Gesamtbetrachtung A-D fällt auf, daß in der Bionatorgruppe die Veränderung bei SNB im Sinne einer Vergrößerung von $\bar{x} = 2,81^\circ$, $s = 2,10$ auf dem Signifikanzniveau von 0,001 liegt, in der Vergleichsgruppe bei $\bar{x} = 0,97^\circ$, $s = 1,62$ auf dem Signifikanzniveau von 0,01.

Eine Verkleinerung des Gesichtsindezes steht in Relation zur Verkleinerung des ML-NSL-Winkels, der im letzten Beobachtungszeitraum in der Vergleichsgruppe ausgeprägter

auffällt ($\bar{x} = 3,33^\circ$), in der Bionatorgruppe mit $\bar{x} = 1,68^\circ$.

Von den dentoalveolären Veränderungen bringt der Homogenitätstest nur für die Unterkieferinzisivi einen Unterschied zwischen Bionator- und Vergleichsgruppe. Im Zeitraum A-D wird $\overline{\text{I-NB}}$ (mm) und ($^\circ$) in der Bionatorgruppe leicht protrudiert ($\overline{\text{I-NB}}$ (mm) $\bar{x} = 0,95$, $s = 1,62$, $p \leq 0,01$). In der Vergleichsgruppe wird der Unterkieferinzisivus leicht protrudiert, $\bar{x} = -0,09$ mm, $s = 2,10$ (ohne Signifikanz).

Der Oberkieferinzisivus erfährt eine leichte Retrusion, die ausgeprägter in der Bionatorgruppe mit $\bar{x} = -1,16$ mm im Gegensatz zur Vergleichsgruppe mit $-0,14$ mm auffällt. Beide jedoch nicht signifikant.

In der Gesamtbetrachtung zeigen die Patienten in der reinen Bionatorgruppe skelettale Differenzen zur Gruppe mit Zusatzbehandlung. Diese betreffen vornehmlich den mandibulären Bereich im Sinne einer Vergrößerung und treten nach Abschluß der Behandlung besonders deutlich zum Vorschein.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. ADENWALLA, Sh.T., J.H. KRONMAN: Class II, Division 1 Treatment with Fränkel and Edgewise Appliances.
Angle Orthodont. 55, 281-298 (1985)
2. AHLGREN, J.: Beurteilung der Muskelfunktionen bei der Aktivatortherapie.
Fortschr.Kieferorthop. 41, 289 (1980);
Odont. Revy 11, 125 (1960)
3. ALTUNA, G., S. NIEGEL: Bionators in Class II Treatment.
J.Clin.Orthodont. 19, 3, 185-191 (1985)
4. ANDRESEN, V.: Ein gnatho-physiognometrisches System als ästhetische Grundlage der biomechanischen Orthodontie.
Fortschr.Orthod. 2-4, 456 (1932)
5. ANDRESEN, V., K. HÄUPL, L. PETRIK: Funktionskieferorthopädie.
J.A. Barth, München, 5. Aufl. 1953,
6. Aufl. 1957
6. ASCHER, F.: Hemmung und Enthemmung bei Anwendung moderner Aktivatoren.
Fortschr.Kieferorthop. 25, 490-501 (1964)
7. ASCHER, F.: Praktische Kieferorthopädie.
Urban & Schwarzenberg, München 1968
8. ASCHER, F.: Kontrollierte Ergebnisse der Rückbißbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten.
Fortschr.Kieferorthop. 32, 149-159 (1971)
9. ASCHER, F.: Der Bionator in der Funktionskieferorthopädie.
Inf.Orthod.u.Kieferorthop. 3, 215-246 (1984)
10. BAHNEMANN, F.: Kieferorthopädie als Funktionstherapie bei jugendlichen Haltungsschäden.
Schlesw.-Holst. Ärzteblatt 22 (1969)
11. BALTERS, W.: Allgemeines zur Atmung und zur Atmungsstörung.
Fortschr.Kieferorthop. 15, 193 (1954)

12. BALTERS, W.: Die Technik und Übung der allgemeinen und speziellen Bionatortherapie.
Die Quintessenz 5, 77, IV. Kieferorthopädie (1964)
13. BALTERS, W.: Eine Einführung in die Bionatorheilmethode.
Ausgew. Schriften und Vorträge, hrsg. v. Ch. HERMANN, Druckerei Hölzel, Heidelberg 1973
14. BASS, N.: Dento-Facial Orthopaedics in the Correction of Class II Malocclusion.
Brit.J.Orthodont. 9, 3-31 (1982)
15. BIMLER, H.P.: Indikation der Gebißformen.
Fortschr.Kieferorthop. 25, 121 (1964)
16. BIOURGE, A.: Un Bionator pour classes II, division 2, Bionator du type "5".
Orthodont.franç. 39, 525 (1968)
17. BISHARA, S.E. and J.R. JAKOBSEN: Longitudinal changes in three normal facial types.
Amer.J.Orthodont. 88, 6, 466-502 (1985)
18. BJÖRK, A.: The face in profile.
Svensk Tandläkare-Tidskrift 40, 58 (1947)
Second Printing: Odontologish Verlag, Kopenhagen 1947
19. BJÖRK, A.: The principle of the Andresen method of orthodontic treatment, a discussion based on cephalometric x-ray analysis of treated cases.
Amer.J.Orthodont. 37, 437 (1951)
20. BJÖRK, A.: Zeitliche Abstimmung kieferorthopädischer Maßnahmen auf der Grundlage der Reifestufen.
Inf.aus Orthodont.u.Kieferorthop. 9, 281 (1977);
Trans.Europ.Orthodont.Soc. 61 (1972)
21. BJÖRK, A., V. SKIELLER: Normales und anomales Wachstum des Unterkiefers. Eine Synthese longitudinaler kephalometrischer Implantatstudien während eines Zeitraums von 25 Jahren.
Inf.Orthodont.Kieferorthop. 1, 55-110 (1984)
22. BJÖRK, A., V. SKIELLER: Wachstum und Entwicklung des Oberkieferkomplexes.
Inf.Orthodont.Kieferorthop. 1, 9-52 (1984)

23. BÖHM, K.: Röntgenologische Befunde nach funktionskieferrorthopädischer Distalbißbehandlung. Med. Diss., München 1974
24. DAHAN, M.J.: Die funktionelle Therapie mit dem Bioaktivator. Zahnärztl. Welt 79, 943 (1970)
25. DEMISCH, A.: Auswirkungen der Distalbißtherapie mit dem Aktivator auf das Gesichtsskelett. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 83, 1072 (1973)
26. DIETRICH, U.C.: Aktivator-mandibuläre Reaktion. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 83, 1093 (1973)
27. DROSCHL, H.: Die Zahnrontgenwerte unbehandelter Kinder zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr. Quintessenz Verlag, Berlin 1984
28. EHMER, U.: Zu Formveränderungen der Mandibula unter Therapie und Wachstum bei skelettaler Unterkieferrücklage und dento-alveolärer Kl. II/1. Fortschr.Kieferorthop. 46, 249-260 (1985)
29. ERICKSON, L.P., W.S. HUNTER: Class II, Division 2 Treatment and Mandibular Growth. The Angle Orthodontist, 55, 3, 215-224 (1985)
30. ESCHLER, J.: Die funktionskieferrorthopädische Verlagerung des Unterkiefers bei Angle-Klasse II/1 als Beispiel für eine Neuorganisation des Kausystems. Fortschr.Kieferorthop. 28, 167 (1967)
31. FLEISCHER-PETERS, A., C. BAYKAU u. H. PRESTELE: Untersuchungen zur Dauer der Reifestadien der Hand. Fortschr.Kieferorthop. 39, 77 (1978)
32. FRÄNKEL, R., W. Reiß: Zur Problematik der Unterkiefer-nachentwicklung bei Distalbißfällen. Fortschr.Kieferorthop. 31, 345 (1970)
33. GLAS, D.: Erörterung der vertikalen basalen Relation. Eine kephalometrische Studie. Med. Diss., München 1985
34. GRABER, T.M., B.F. SWAIN: Current Orthodontic Concepts and Techniques. W.B. Saunders Co., Philadelphia-London-Toronto 1969, 2nd. edition 1975

35. GRABER, T.M., Th. RAKOSI, A.C. PETROVIC: Dentofacial orthopedics with Functional Appliances.
C.V. Mosby Company, St. Louis 1985
36. HARVOLD, E.P.: The activator in interceptive orthodontics.
C.V. Mosby Company, St. Louis 1974
37. HARVOLD, E.P., K. VARGERVIK. Morphogenetic response to activator treatment.
Amer.J.Orthodont. 60, 478-490 (1971)
38. HASUND, A.: The use of activators in a system employing fixed appliances.
Trans-Europ.Orthodont.Soc. 1969, S. 329
39. HASUND, A.: Klinische Kephalexometrie für die Bergen-Technik.
Universität Bergen/Norwegen 1973, 2. Aufl.
1976; Orthod. Dept. Univ. Bergen 1977
40. HAUSSEK, E.: Ergebnis der Distalbißbehandlung am Fernröntgenbild.
Fortschr.Kieferorthop. 22, 186 (1961)
41. HERREN, P.: Die Wirkungsweise des Aktivators.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 71, 1101 (1961)
42. HERREN, P.: Das Wirkungsprinzip des Distalbiß-Aktivators.
Fortschr.Kieferorthop. 41, 308-329 (1980)
43. HOFFER, O., L. GOLA: Das funktionskieferorthopädische Skelettgerät H.G.
Fortschr.Kieferorthop. 32, 229 (1971)
44. HOLM, C.: Distalbißbehandlung mit dem Aktivator. Ergebnisse von Nachuntersuchungen.
Studieweek 1970, S. 126
45. HOTZ, R.: Orthodontie in der täglichen Praxis.
Verlag Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien,
5. Aufl. 1974
46. INGERSALL, B., B. THILANDER: Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles.
J.Oral Rehabil. 1, 131-147 (1974)
47. JACOBSSON, S.O.: Cephalometric evaluation of treatment effect on class II, division 1 malocclusions.
Amer.J.Orthodont. 53, 446 (1967)

48. JANSON, I., M. RÖHRL: Variationen der neutralen Bißlage.
Fortschr.Kieferorthop. 35, 163 (1974)
49. JANSON, I.: Zeitpunkt der Bionatorbehandlung in Abhängigkeit vom Wachstum.
Fortschr.Kieferorthop. 38, 435-451 (1977)
50. JANSON, I.: Skelettale und dento-alveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit.
Habil.Schrift, München 1977;
Quintessenz Verlag, Berlin 1982
51. JANSON, I., A. HASUND: Der kieferorthopädische Behandlungsplan - Organisation und Dokumentation.
Carl Hanser Verlag, München 1978
52. JANSON, I., K. ÜBERLA: Faktorenanalytische Auswertung einer Untersuchung über die Wirkungsweise des Bionators.
Fortschr.Kieferorthop. 40, 494 (1979)
53. JANSON, I., A. HASUND: Indikation und Grenzen der Funktionskieferorthopädie in der täglichen Praxis.
Dtsch. Zahnärztekalendar 1979, S. 112-130,
Carl Hanser Verlag, München
54. JANSON, M.: Long-term effects of orthodontic treatment. A functional, cephalometric and clinical study of Angle Cl. II, Div. 1 malocclusion cases.
Habil.Schrift, Univ. Bergen/Norwegen 1981
55. JANSON, M.: Die Behandlung der mandibulären Dysfunktion mit dem Bioblock.
Fortschr.Kieferorthop. 1985 (im Druck)
56. JONAS, J.: Knöcherner und Weichteil-Profilveränderungen nach Headgear- und Aktivatortherapie.
Fortschr.Kieferorthop. 45, 335-347 (1984)
57. KANTOROWICZ, A., G. KORKHAUS: Ätiologie der orthodontischen Anomalien.
Fortschr.Zahnheilk. 1, 171 (1925) und 2, 773 (1926)
58. KARWETZKY, R.: Ein neues funktionskieferorthopädisches Gerät nach Karwetzky.
Dtsch.Zahnärztebl. 18, 419 (1964)

59. KARWETZKY, R.: Der U-Bügelaktivator nach Karwetzky. Quintessenz, zahnärztl. Lit. 21, IV. Kieferorthopädie, Ref.-Nr. 4103, S. 1 (1970)
60. KARWETZKY, R., P. DIERKS: Das Wachstum des Gesichtsschädels unter dem therapeutischen Einfluß verschiedener kieferorthopädischer Geräte. Fortschr.Kieferorthop. 37, 221 (1976)
61. KARWETZKY, R.: Die Indikation des U-Bügelaktivators. Zeitlich und auf Anomalien bezogen. Fortschr.Kieferorthop. 45, (1984)
62. KLAMMT, G.: Der elastisch offene Aktivator. Carl Hanser Verlag, München-Wien 1984
63. KOMPOSCH, G., C. HOCKENJOS: Die Reaktionsfähigkeit des temporomandibulären Knorpels. Fortschr.Kieferorthop. 38, 121-132 (1977)
64. LAVERGNE, J., N. GASSON: Variation in the degree of mandibular rotation in man. A metal implant study. Angle Orthodont. 46, 144-150 (1976)
65. LAVERGNE, J., N. GASSON: Analysis and classification of the rotational growth pattern without implants. Brit.J.Orthod. 9, 51-56 (1982)
66. LIEB, G., P. SCHLAGBAUER: Anwendung des Aktivators beim Rhesusaffen. Fortschr.Kieferorthop. 31, 73 (1970)
67. LINDER-ARONSON, St.: Adenoids. Their effects on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. Acto-oro-laryngologica Stockholm, Suppl. 265 (1970)
68. MARSCHNER, J.F., J.E. HARRIS: Mandibular growth and class II treatment. Angle Orthodont. 36, 89 (1966)
69. McNAMARA, J.A. jr.: Functional determinants of craniofacial size and shape. Europ.J.Orthod. 2, 131-159 (1980)
70. McNAMARA, J.A., F.L. BOOKSTEIN and T.G. SHAUGHNESSY: Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients. Amer.J.Orthodont. 88, 2, 91-110 (1985)

71. MEACH, C.L.: Veränderungen des Gesichtsschädelprofils bei Behandlung des Distalbisses (Angle Kl. II/1) mit extra-oralem Zug oder funktionskieferorthopädischem Gerät.
Fortschr.Kieferorthop. 27, 261 (1966);
Amer.J.Orthod. 52, 353-370 (1966)
72. MESCH, L.: Skelettale und dento-alveoläre Änderung durch Bionator- und Headgearbehandlung.
Med. Diss. München 1985
73. MOSS, J.P.: Cephalometric changes during functional appliance therapy.
Trans.Europ.Orthodont.Soc. 1962, S. 327
74. MÜHLEMANN, H.R.: Der Propulsor.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 3, 935 (1948)
75. ØDEGAARD, J.: Mandibular rotation studies with the aid of metal implants.
Amer.J.Orthodont. 58, 448 (1970)
76. OWEN, A.H.: Morphologic changes in the transverse dimension using the Fränkel appliance.
Amer.J.Orthodont. 83, 200-217 (1983)
77. PANCHERZ, H.: A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Cl. II corrections in activator treatment.
Amer.J.Orthodont. 85, 125-134 (1984)
78. PETROVIC, A., I. STUTZMANN: Experimentelle Untersuchungen der kieferorthopädischen Beeinflussung des Gesichtswachstums.
Fortschr.Kieferorthop. 41, 212 (1980)
79. PFANZAGL, J.: Allgemeine Methodenlehre der Statistik II, Sammlung Götschen, Band 7047.
Walter de Gruyter Verlag, Berlin 1974
80. PFEIFFER, J.P., D. GROBETZ: Die Klasse II Okklusionsanomalie: Differentialdiagnose, klinische Anwendung der Aktivatoren, des extraoralen Zuges und der festsitzenden Apparaturen.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 8, 17 (1976)
81. QUARNSTRÖM, K., K. SARNÄS: Röntgenkefalometriska. Studien av Forändringar vid Funktionskåortopedisk Behandling av Distalbett.
Odontol. Revy 5, 118 (1954)

82. RAKOSI, Th.: Funktionelle Therapie in der Kieferorthopädie.
Carl Hanser Verlag, München-Wien 1985
83. REMMER, K.R., A.H. MAMANDRAS, W.S. HUNTER and D.C. WAY:
Cephalometric changes associated with treatment using the activator, the Fränkel appliance, and the fixed appliances.
Amer.J.Orthodont. 88, 5, 363-372 (1985)
84. ROBIN, P.: Observations sur un nouvel appareil de redressement.
Rev.Stomat. 9, 423 (1902)
85. ROUX, R.: Das Gesetz der Transformation der Knochen.
Kritische Bemerkungen.
Klin.Wschr. Berlin 30, 509 (1893)
86. SACHS, L.: Statistische Methoden, 5. Auflage,
Springer Verlag, Berlin 1982
87. SANDER, F.G., G.D.F. SCHMUTH. Der Einfluß verschiedener Biss-Sperren auf die Muskelaktivität bei Aktivatorträgern.
Fortschr.Kieferorthop. 40, 107-116 (1976)
88. SCHMUTH, G.: Kieferorthopädie. Grundzüge und Probleme.
G. Thieme, Stuttgart 1973, 2. Aufl. 1983
89. SCHUDY, G.F.: Posttreatment craniofacial growth.
Its implications in orthodontic treatment.
Amer.J.Orthodont. 65, 39-57 (1974)
90. SCHWARZ, A.M.: Ein Beitrag zur Behandlung des Rückbisses.
In: Sagittale und transversale Bißanomalien und ihre kieferorthopädische Behandlung.
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen,
Carl Hanser Verlag, München, Heft 11, 73 (1954)
91. SIEMONS, E.: Eine neue Nachstellschraube für den Aktivator zur Erweiterung eines einzelnen Zahnbogens.
Zahnärztl.Rdsch. 63, 510 (1954)
92. SOFTLEY, J.W.: Cephalometric changes in seven "post-normal" cases treated by the Andresen method.
J.Dent.Rec. 73, 485 (1953)
93. STAHL, A.: Die prognostische Beurteilung von Okklusionsabweichungen während der Behandlung mit dem Aktivator.
Fortschr.Kieferorthop. 22, 124 (1961)

94. STAHL, A.: Vergleichende Untersuchungen über die wechselseitige Einwirkung von Erbe und Umwelt auf Gebiß und Kiefer mit besonderer Berücksichtigung des Rezidivs nach der kieferorthopädischen Behandlung.
Habil.Schrift, Heidelberg 1964
95. STEINER, C.C.: Kephalometrie für Jedermann.
Rev.d'Orthop.dento-faciale 2, 109 (1968);
Amer.J.Orthodont. 39, 729-755 (1953)
96. STÖCKLI, P.W.: Die Reaktionsfähigkeit des mandibulären Gelenkknorpels auf orthopädische Stimulation während der Wachstumsphase.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 82, 335-558 (1972)
97. STÖCKLI, P.: Treatment timing.
Trans.Europ.Orthod.Soc. 1975, 61-65
98. STOCKFISCH, H.: Der Kinetor in der Kieferorthopädie.
Hüthig Verlag, Heidelberg 1966
99. STOCKFISCH, H.: Rationelle Kieferorthopädie, Band 1,
Quintessenz Verlags-GmbH., Berlin 1985
100. TEGTMEIER, K.: Die Herstellung des Impulsators vom Abdruck bis zur Fertigstellung im Labor und seine Verwendung am Patienten.
Zahnärztl. Welt 5, 161 (1950)
101. VARGERVIK, U., E. HARVOLD: Response to activator treatment in Cl. II malocclusions.
Amer.J.Orthodont. 88, 242-251 (1985)
102. WALLIS, W.A. und H.V. ROBERTS: Methoden der Statistik.
5. Aufl., Clausen und Bosse Verlag,
Leck/Schleswig 1975
103. WEISE, W.: Kiefergelenkumbau bei kieferorthopädischen Bißverschiebungen und Bißhebungen im Lichte klinischer und röntgenologischer Befunde.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 16, 913 (1961)
104. WEISE, W.: Zur Distalbiß-Behandlung mittels Aktivator.
Fortschr.Kieferorthop. 22, 204 (1961)
105. WIESLANDER, L., L. LAGERSTRÖM: The effect of activator treatment on class II malocclusions.
Amer.J.Orthod. 75, 20-26 (1979)

106. WILLIAMS, St., B.C. LEIGHTON, L.H. NIELSON: Linear evaluation of the development of sagittal jaw relationship.
Amer.J.Orthod. 88, 235-241 (1985)
107. WINGBERG, J.-P.: Computerunterstützte Kephallometrie nach der Bergen-Technik.
Med. Diss., Hamburg 1984
108. WINGBERG, J.-P., G. BECKMANN, A. HASUND: Computerunterstützte Kephallometrie in der Bergen-Technik.
Fortschr.Kieferorthop. 44, 359-369 (1983)
109. WITT, E., M.-E. GEHRKE: Leitfaden der kieferorthopädischen Technik.
Quintessenz Verlag, Berlin 1981
110. WOODSIDE, D.G.: Distance, velocity and relative growth rate standards for mandibular growth for Canadian males and females aged three to twenty years.
Thesis, American Board of Orthodontics, Toronto/Canada 1969
111. WOODSIDE, D.G., R.T. REED, J.D. DOUCET, G.W. THOMPSON: Some effects of activator treatment on the growth rate of the mandible and position of the midface.
Trans.Eur.Orthodont.Soc. 443-447 (1973)

9. ANHANG

9.1. Tabellen

Seite 114

9.2. Graphiken

Seite 124

Tab. 1: BIO-Gruppe - Mittelwerte und Standardabweichungen

Meßgröße	Einheit	1. Zeitpunkt (A)		2. Zeitpunkt (B)		3. Zeitpunkt (C)		4. Zeitpunkt (D)	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
SNA	o	80,05	3,14	80,12	3,15	80,05	3,30	80,91	3,50
SNB	o	75,37	3,08	76,42	3,21	76,99	3,33	78,18	3,42
ANB	o	4,68	1,24	3,73	1,69	3,18	1,87	2,72	2,59
SNPg	o	76,32	3,28	77,42	3,48	77,99	3,68	79,20	4,01
ML-NSL	o	33,62	4,52	33,72	4,97	33,14	5,37	31,46	6,28
NL-NSL	o	7,07	2,57	7,22	2,72	7,74	3,27	7,28	3,46
ML-NL	o	26,67	4,55	26,38	5,48	25,39	5,98	24,19	6,17
NSBa	o	134,07	3,66	133,46	4,51	133,25	3,79	132,08	3,75
Gn-tgo-Ar	o	125,72	6,31	126,03	6,46	124,69	6,91	123,08	6,69
N-Winkel	o	62,11	6,03	60,58	5,47	62,15	5,62	62,67	7,47
H-Winkel	o	14,83	3,32	12,75	3,45	11,37	3,78	9,27	4,44
$\bar{1}-1$	o	132,51	6,88	131,50	6,34	132,63	5,03	132,98	6,85
$\bar{1}-NA$	o	19,62	6,74	19,46	4,31	20,15	4,86	20,72	5,77
$\bar{1}-NB$	o	22,92	3,45	25,24	4,00	24,04	3,80	23,59	4,75
$\bar{1}-NA$	mm	2,72	2,45	2,82	1,87	3,23	2,00	3,88	2,84
$\bar{1}-NB$	mm	3,65	1,60	4,67	1,93	4,42	1,93	4,60	2,31
Pg-NB	mm	1,61	1,48	1,93	1,50	1,97	1,70	2,02	2,59
N-Sp'	mm	49,29	3,22	53,38	3,15	54,88	3,33	55,70	3,25
Sp'-Gn	mm	61,64	4,28	67,19	4,93	69,35	5,10	71,63	5,96
N-Sp'/Sp'-Gn	%	80,67	5,42	79,65	5,13	79,44	6,12	78,13	6,28
Alter	Jahre	$\bar{x} = 10,25$		$\bar{x} = 12,39$		$\bar{x} = 14,41$		$\bar{x} = 19,81$	

Tab. 2: BIO-Gruppe - Minimal- und Maximalwerte

Meßgröße	Einheit	1. Zeitpunkt (A)		2. Zeitpunkt (B)		3. Zeitpunkt (C)		4. Zeitpunkt (D)	
		kl.Wert	gr.Wert	kl.Wert	gr.Wert	kl.Wert	gr.Wert	kl.Wert	gr.Wert
SNA	o	76,00	89,00	75,50	87,50	75,50	86,60	75,90	89,60
SNB	o	70,00	83,00	71,00	83,50	71,50	85,10	71,40	85,70
ANB	o	2,50	7,00	1,00	8,00	-0,10	9,00	-2,50	10,60
SNPg	o	72,00	84,00	72,00	84,50	72,50	85,60	70,90	86,60
ML-NSL	o	25,00	41,00	26,50	42,50	24,60	43,50	20,40	46,90
NL-NSL	o	1,50	12,00	2,00	14,50	1,00	15,40	0,80	16,60
ML-NL	o	17,00	34,00	17,50	37,00	14,00	35,00	12,60	34,10
NSBa	o	125,00	140,00	123,00	142,40	124,20	139,00	121,00	137,70
Gn-tgo-Ar	o	111,50	138,00	112,00	137,00	112,00	137,00	110,40	135,30
N-Winkel	o	51,00	74,50	51,00	74,00	51,90	71,50	49,30	74,50
H-Winkel	o	10,20	21,00	5,80	20,00	3,50	19,50	0,10	19,00
$\bar{1}-1$	o	119,00	145,00	121,50	146,00	125,00	145,00	119,50	143,20
$\bar{1}-NA$	o	8,50	39,00	8,50	26,00	7,70	30,00	8,40	30,00
$\bar{1}-NB$	o	18,00	29,00	16,50	32,00	18,00	30,20	16,20	32,40
$\bar{1}-NA$	mm	-2,00	10,00	-1,50	6,70	-0,80	7,50	-0,80	10,80
$\bar{1}-NB$	mm	0,00	6,50	1,50	9,50	1,00	9,00	1,50	11,10
Pg-NB	mm	-1,00	4,30	-1,50	4,50	-1,00	5,30	-2,90	5,60
N-Sp'	mm	42,50	54,00	49,00	62,50	48,40	62,00	49,10	62,70
Sp'-Gn	mm	52,00	71,00	56,50	75,00	58,00	78,00	60,10	84,20
N-Sp'/Sp'-Gn	%	73,30	98,00	71,50	92,90	64,70	94,80	66,20	91,50

Tab. 3: VERGLEICHSGRUPPE - Mittelwerte und Standardabweichungen

Meßgröße	Einheit	1. Zeitpunkt (AB)			2. Zeitpunkt (B)			3. Zeitpunkt (C)			4. Zeitpunkt (D)		
		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s	
SNA	o	79,20	3,41		79,09	3,56		78,92	3,42		78,50	3,15	
SNB	o	74,80	3,03		75,27	3,28		75,42	3,26		75,77	3,09	
ANB	o	4,25	2,31		3,70	2,15		3,55	2,09		2,73	2,55	
SNPg	o	75,95	3,14		76,30	3,27		76,63	3,24		77,50	3,36	
ML-NSL	o	32,47	6,55		32,69	6,50		32,45	6,62		29,13	8,08	
NL-NSL	o	7,52	2,97		7,72	2,99		7,97	2,84		8,70	3,23	
ML-NL	o	24,86	6,35		24,86	6,45		24,34	6,37		21,69	7,56	
NSBa	o	132,47	4,49		132,50	4,47		129,03	4,46		131,78	3,97	
Gn-tgo-Ar	o	124,95	6,71		124,72	6,29		124,56	6,28		121,17	6,71	
N-Winkel	o	62,33	5,10		61,98	5,37		61,88	5,29		60,70	6,75	
H-Winkel	o	13,91	4,74		12,37	4,61		11,89	4,68		8,78	5,45	
$\bar{1}-\bar{1}$	o	132,66	10,02		132,36	10,34		132,25	8,78		134,11	9,65	
$\bar{1}-NA$	o	20,23	9,28		19,06	7,93		19,72	6,47		22,84	8,86	
$\bar{1}-NB$	o	22,54	6,55		24,56	7,24		24,44	6,22		20,45	6,33	
$\bar{1}-NA$	mm	2,91	3,29		2,70	2,84		2,69	2,19		3,05	2,72	
$\bar{1}-NB$	mm	2,94	2,33		3,86	2,57		3,70	2,08		2,84	2,40	
Pg-NB	mm	1,97	1,99		2,03	2,17		2,22	2,14		3,61	2,86	
N-Sp'	mm	49,95	3,39		52,22	3,08		53,64	2,92		57,33	3,12	
Sp'-Gn	mm	60,13	5,42		63,14	5,46		64,25	5,94		68,95	6,08	
N-Sp'/Sp'-Gn	%	83,38	7,35		82,74	7,60		83,73	7,71		83,72	9,25	
Alter	Jahre	$\bar{x} = 9,97$			$\bar{x} = 10,99$			$\bar{x} = 12,00$			$\bar{x} = 16,93$		

Tab. 4: VERGLEICHSGRUPPE - Minimal- und Maximalwerte

Meßgröße	Einheit	1. Zeitpunkt (A)		2. Zeitpunkt (B)		3. Zeitpunkt (C)		4. Zeitpunkt (D)	
		kl. Wert	gr. Wert	kl. Wert	gr. Wert	kl. Wert	gr. Wert	kl. Wert	gr. Wert
SNA	o	72,50	85,50	73,00	86,00	73,00	85,00	72,50	84,00
SNB	o	68,50	82,00	68,50	72,00	69,50	82,00	68,00	81,00
ANB	o	-1,00	8,50	-1,00	7,00	-1,00	7,00	-3,00	7,50
SNPg	o	70,00	83,50	69,50	83,00	70,50	83,00	68,50	84,00
ML-NSL	o	17,00	46,00	21,00	46,50	20,00	46,00	4,60	45,50
NL-NSL	o	1,50	15,00	2,00	14,00	1,00	13,00	0,50	14,50
ML-NL	o	6,00	38,00	9,50	38,50	9,50	38,50	5,50	39,00
NSBa	o	121,00	143,00	123,00	143,00	127,50	140,00	124,50	140,50
Gn-tgo-Ar	o	112,00	138,50	113,00	137,00	112,50	136,00	109,50	138,00
N-Winkel	o	51,50	73,50	53,00	74,00	51,00	73,00	41,00	72,50
H-Winkel	o	3,50	25,00	4,00	23,50	3,00	20,00	-6,50	17,00
$\bar{1}-1$	o	104,00	149,00	105,00	150,00	112,00	153,00	112,00	158,50
$\bar{1}$ -NA	o	2,00	45,00	1,00	39,00	4,50	31,00	3,50	45,50
$\bar{1}$ -NB	o	10,50	38,00	14,00	41,50	10,50	36,00	4,00	32,00
$\bar{1}$ -NA	mm	-3,00	14,00	-3,00	11,00	-2,00	7,50	-2,00	10,00
$\bar{1}$ -NB	mm	-3,00	8,00	-1,00	9,00	-1,00	9,00	-3,00	8,00
Pg-NB	mm	-1,50	6,00	-1,50	7,50	-1,50	8,00	-2,00	11,50
N-Sp'	mm	43,00	59,00	47,00	59,00	48,50	61,00	52,00	64,50
Sp'-Gn	mm	44,00	69,00	50,50	73,00	50,00	76,50	56,00	83,00
N-Sp'/Sp'-Gn	%	70,50	100,90	74,00	100,40	72,00	107,00	65,10	108,40

Tab. 5: Test der Mittelwerte auf Gleichheit

- A BIO-Fälle (1. Zeitpunkt A) zu VERGLEICHSGRUPPE
(1. Zeitpunkt):

keine signifikanten Unterschiede

- B BIO-Fälle (2. Zeitpunkt B) zu VERGLEICHSGRUPPE
(2. Zeitpunkt B):

Sp'-Gn **

- C BIO-Fälle (3. Zeitpunkt C) zu VERGLEICHSGRUPPE
(3. Zeitpunkt):

Sp'-Gn **

N-Sp' / Sp'-Gn *

- D BIO-Fälle (4. Zeitpunkt D) zu VERGLEICHSGRUPPE
(4. Zeitpunkt D):

SNA **

SNB **

$\bar{l}$ -NB (°) *

$\bar{l}$ -NB (mm) **

Pg-NB *

N-Sp' / Sp'-Gn *

* bedeutet signifikant verschieden

Tab. 6: BIO-Gruppe
Differenzen

Meßgröße	Einheit	(A - B)		(B - C)		(C - D)	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
SNA	°	-0,07	1,15	0,07	1,28	-0,86 *	1,89
SNB	°	-1,05 ***	1,18	-0,57 *	1,21	-1,20 **	1,94
ANB	°	0,96 **	1,47	0,54 *	1,06	0,47	1,52
SNPg	°	-1,10 ***	1,14	-0,57 *	1,17	-1,22 **	2,06
ML-NSL	°	-0,10	1,92	0,58	1,79	1,68 **	2,35
NL-NSL	°	-0,15	1,63	-0,52	1,41	0,46	2,01
ML-NL	°	0,28	3,27	0,99 ***	1,34	1,20 ***	1,58
NSBa	°	0,61	2,68	0,21	3,13	1,17 *	2,58
Gn-tgo-Ar	°	-0,32	1,81	1,34 ***	1,56	1,61 ***	1,98
N-Winkel	°	1,53 *	2,99	-1,58 **	2,31	-0,52	4,67
H-Winkel	°	2,08 ***	2,18	1,38 **	2,26	2,10 **	2,90
$\bar{1}-1$	°	1,00	7,47	-1,12	4,37	-0,36	5,77
1-NA	°	0,16	5,65	-0,69	3,38	-0,57	3,68
$\bar{1}$ -NB	°	-2,32 *	4,31	1,20	3,66	0,45	4,25
1-NA	mm	-0,10	1,76	-0,41	1,72	-0,65	1,97
$\bar{1}$ -NB	mm	-1,02 **	1,56	0,25	1,08	-0,18	0,87
Pg-NB	mm	-0,32 *	0,61	-0,04	0,65	-0,05	1,81
N-Sp'	mm	-4,09 ***	2,90	-1,50 **	2,25	-0,82	2,36
Sp' -Gn	mm	-5,55 ***	4,18	-2,17 ***	2,26	-2,27 ***	2,89
N-Sp'/Sp'-Gn	g	1,02	2,98	0,22	2,96	1,31	3,96

Tab. 7: BIO-Gruppe
Differenzen

Meßgröße	Einheit	(A - C)			(B - D)			(A - D)		
		$\bar{x}$	s	S	$\bar{x}$	s	S	$\bar{x}$	s	S
SNA	o	0,00	1,84		-0,79 *	1,52		-0,86	2,01	
SNB	o	-1,62 ***	1,55		-1,77 ***	1,84		-2,81 ***	2,10	
ANB	o	1,50 ***	1,61		1,01 **	1,68		1,97 ***	2,01	
SNPg	o	-1,67 ***	1,54		-1,78 ***	1,80		-2,88 ***	2,30	
ML-NSL	o	0,48	2,39		2,26 ***	2,61		2,16 **	3,43	
NL-NSL	o	-0,67	2,27		-0,07	1,87		-0,21	2,47	
ML-NL	o	1,27	3,58		2,19 ***	1,87		2,48 **	3,46	
NSBa	o	0,82	2,03		1,38	3,15		1,99 ***	2,71	
Gn-tgo-Ar	o	1,03 *	2,14		2,95 ***	2,32		2,63 ***	2,88	
N-Winkel	o	-0,05	3,10		-2,10	5,33		-0,57	4,75	
H-Winkel	o	3,46 ***	2,75		3,48 ***	3,22		5,56 ***	3,31	
$\bar{1}-\bar{1}$	o	-0,12	6,57		-1,48	7,08		-0,48	8,10	
$\bar{1}-NA$	o	-0,53	5,67		-1,27	3,94		-1,10	5,74	
$\bar{1}-NB$	o	-1,12	3,82		1,65	5,11		-0,67	4,27	
$\bar{1}-NA$	mm	-0,51	2,25		-1,06 *	1,96		-1,16 *	2,45	
$\bar{1}-NB$	mm	-0,77 **	1,40		0,07	1,24		-0,95 **	1,62	
Pg-NB	mm	-0,37 *	0,75		-0,09	1,80		-0,42	1,75	
N-Sp'	mm	-5,59 ***	2,99		-2,32 ***	3,00		-6,41 ***	3,58	
Sp'-Gn	mm	-7,71 ***	3,26		-4,44 ***	3,63		-9,98 ***	3,74	
N-Sp'/Sp'-Gn	%	1,23	4,54		1,52 *	3,32		2,54 *	4,74	

Tab. 8: Vergleichsgruppe
Differenzen

Meßgröße	Einheit	(A - B)		(B - C)		(C - D)	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
SNA	o	0,11	0,90	0,17	1,26	0,42	1,45
SNB	o	-0,47 *	1,08	-0,16	1,07	0,34	1,84
ANB	o	0,55 *	1,03	0,16	1,51	0,81 **	1,64
SNP _g	o	-0,34	1,10	-0,33 *	0,80	-0,88 **	1,80
ML-NSL	o	-0,22	1,56	0,23	1,25	3,33 *	7,22
NL-NSL	o	-0,20	1,35	-0,25	1,28	-0,73	2,02
ML-NL	o	0,00	1,53	0,52	1,58	2,66 **	2,35
NSBa	o	-0,03	1,78	3,47	17,80	-2,75	18,56
Gn-tgo-Ar	o	0,23	1,50	0,16	1,51	3,39 **	2,52
N-Winkel	o	0,34	2,21	0,11	2,45	1,17	3,50
H-Winkel	o	1,54 ***	1,81	0,48	2,70	3,11 ***	3,49
$\bar{1}-\bar{1}$	o	0,30	5,99	0,11	5,07	-1,86	13,36
$\bar{1}-NA$	o	1,17	5,24	-0,66	4,18	-3,13	9,70
$\bar{1}-NB$	o	-2,02 *	4,65	0,13	3,90	3,98 **	6,74
$\bar{1}-NA$	mm	0,20	1,65	0,02	1,82	-0,36	2,63
$\bar{1}-NB$	mm	-0,92 ***	1,31	0,16	1,20	0,86 *	2,15
Pg-NB	mm	-0,06	0,61	-0,19	0,72	-1,39 ***	1,06
N-Sp'	mm	-2,27 ***	1,65	-1,42 ***	1,33	-3,69 ***	2,51
Sp'-Gn	mm	-3,02 ***	2,31	-1,11 **	1,81	-4,70 ***	2,90
N-Sp'/Sp'-Gn	%	0,63	2,79	-0,99	2,93	0,02	3,99

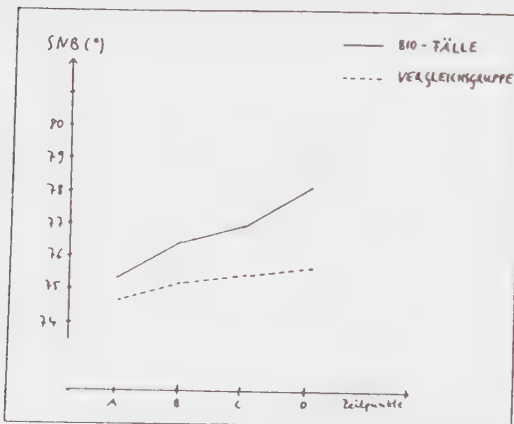
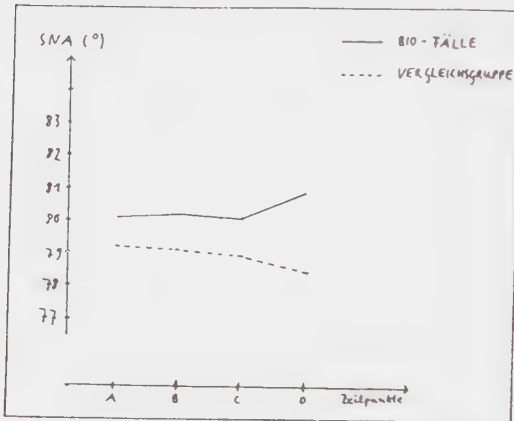
Tab. 9: Vergleichsgruppe
Differenzen

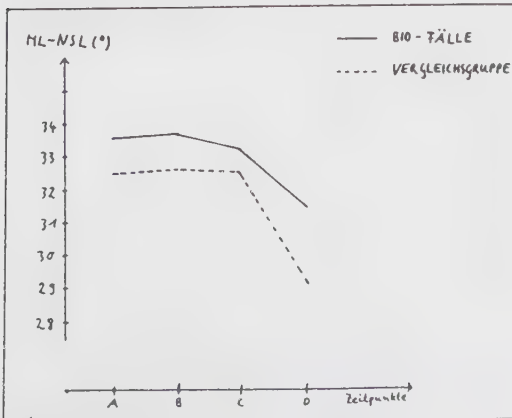
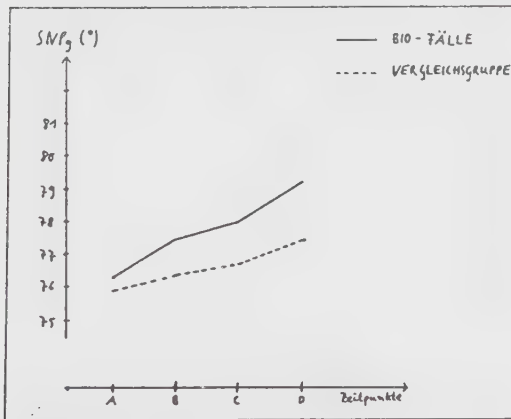
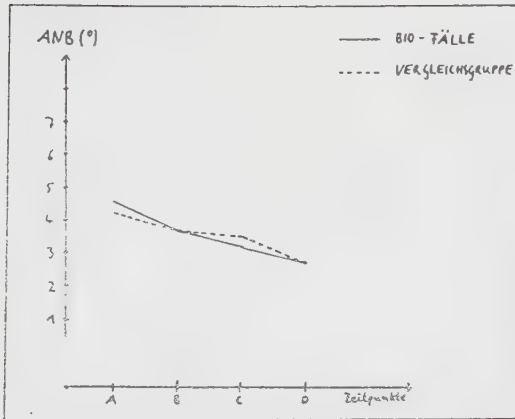
Meßgröße	Einheit	(A - C)			(B - D)			(A - D)		
		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s	
SNA	o	0,28	1,54		0,59 *	1,54		0,70 **	1,39	
SNB	o	-0,63 *	1,43		-0,50	1,82		-0,97 **	1,62	
ANB	o	0,70 *	1,66		0,97 ***	1,46		1,52 ***	1,42	
SNPg	o	-0,67 **	1,30		-1,20 **	1,90		-1,55 ***	1,78	
ML-NSL	o	0,02	1,69		3,56	6,86		3,34 *	6,99	
NL-NSL	o	-0,45	1,38		-0,98 **	1,90		-1,19 **	2,02	
ML-NL	o	0,52	2,00		3,17 ***	2,40		3,17 ***	2,77	
NSBa	o	3,44	17,89		0,72	3,14		0,69	3,19	
Gn-tgo-Ar	o	0,39	1,64		3,55 ***	2,77		3,78 ***	2,50	
N-Winkel	o	0,45	2,74		1,28	3,98		1,63 *	3,81	
H-Winkel	o	2,02 ***	3,12		3,59 ***	3,24		5,13 ***	3,41	
$\bar{1}-1$	o	0,41	7,52		-1,75	14,28		-1,45	13,54	
$\bar{1}-NA$	o	0,52	6,57		-3,78 *	10,46		-2,61	11,54	
$\bar{1}-NB$	o	-1,90 *	5,05		4,11 **	6,65		2,09	6,55	
$\bar{1}-NA$	mm	0,22	2,65		-0,34	3,23		-0,14	3,84	
$\bar{1}-NB$	mm	-0,77 **	1,37		1,02 *	2,25		0,09	2,10	
Pg-NB	mm	-0,25	0,81		-1,58 ***	1,25		-1,64 ***	1,36	
N-Sp'	mm	-3,69 ***	1,91		-5,11 ***	2,35		-7,38 ***	2,60	
Sp'-Gn	mm	-4,13 ***	2,55		-5,81 ***	2,48		-8,83 ***	3,16	
N-Sp'/Sp'-Gn	%	-0,36	3,44		-0,97	3,78		-0,34	4,10	

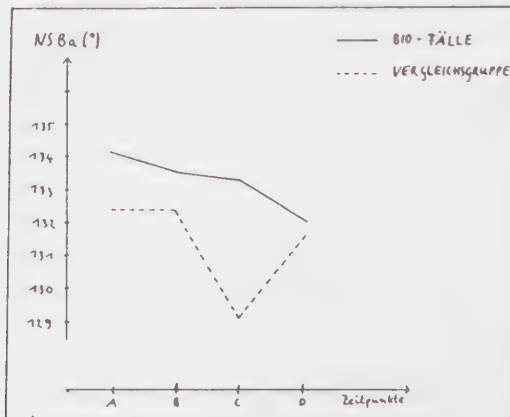
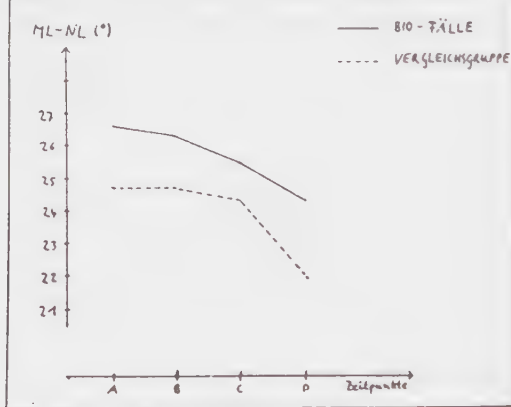
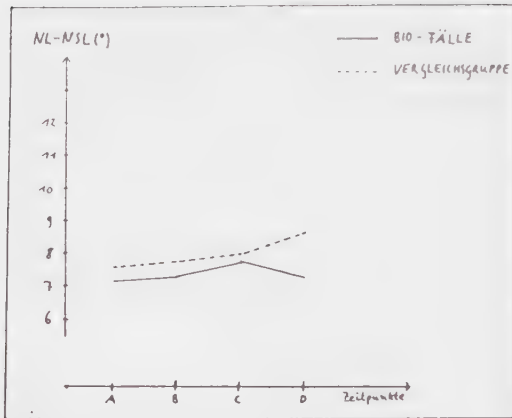
Tab. 10: Differenzen der Veränderungen Vergleichsgruppe / BIO-Gruppe

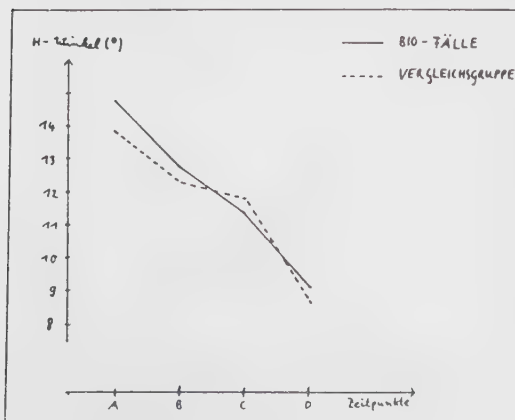
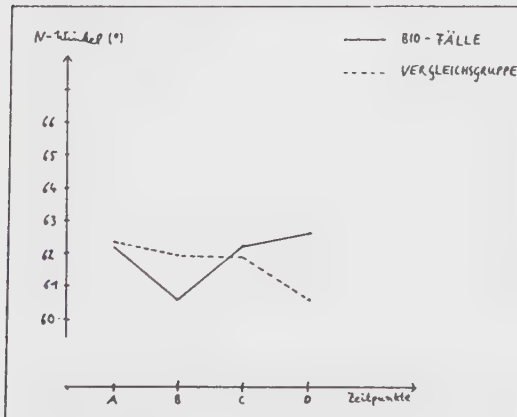
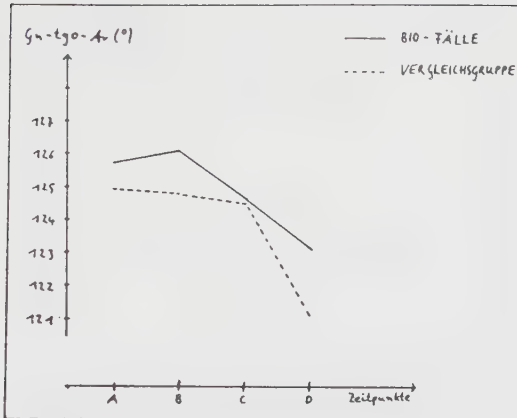
Meßgröße	Einheit	VG (A-B) - BIO(A-B)	VG (B-C) - BIO(B-C)	VG (C-D) - BIO(C-D)	VG (A-C) - BIO(A-C)	VG (B-D) - BIO(B-D)	VG (A-D) - BIO(A-D)
SNA	°	0,18	0,10	1,28 **	0,28	1,38 **	1,56 ***
SNB	°	0,58	0,41	0,85	0,99 *	1,27 *	1,84 ***
ANB	°	-0,41	-0,39	0,34	-0,80	-0,04	-0,45
SNPg	°	0,76 *	0,24	0,34	0,99 *	0,58	1,33 *
ML-NSL	°	-0,12	-0,34	1,64	-0,47	1,30	1,18
NL-NSL	°	-0,06	0,27	-1,19 *	0,22	-0,92	-0,98
ML-NL	°	-0,28	-0,47	1,45 **	-0,76	0,98	0,69
NSBa	°	-0,64	3,26	-3,92	2,62	-0,66	-1,30
Gn-tgo-Ar	°	0,55	-1,19 **	1,78 **	-0,64	0,60	1,15
N-Winkel	°	-1,19	1,69 **	1,69	0,50	3,38 **	2,19
H-Winkel	°	-0,55	-0,90	1,01	-1,44	0,11	-0,44
$\bar{1}-1$	°	-0,71	1,23	-1,50	-0,53	-0,27	-0,98
$\bar{1}-NA$	°	1,01	0,04	-2,55	1,05	-2,52	-1,51
$\bar{1}-NB$	°	0,30	-1,08	3,53 *	-0,78	2,46	2,76
$\bar{1}-NA$	mm	0,30	0,43	0,29	0,73	0,71	1,02
$\bar{1}-NB$	mm	0,10	-0,10	1,04 *	0,00	0,94	1,04 *
Pg-NB	mm	0,20	-0,15	-1,34 ***	0,12	-1,49 ***	-1,23 **
N-Sp'	mm	1,83 **	0,08	-2,87 ***	1,90 **	-2,79 ***	-0,97
Sp' -Gn	mm	2,53 **	1,06	-2,43 **	3,59 ***	-1,37	1,16
N-Sp'/Sp'-Gn	‰	-0,38	-1,21	-1,29	-1,59	-2,50 *	-2,88 *

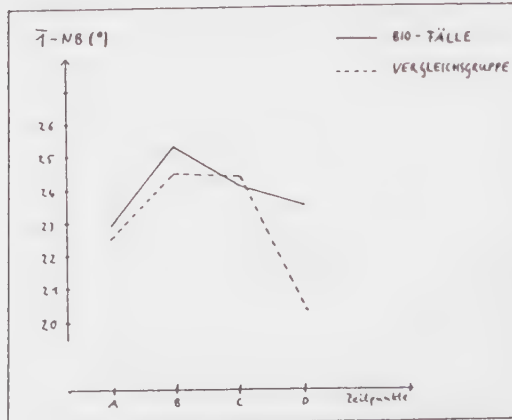
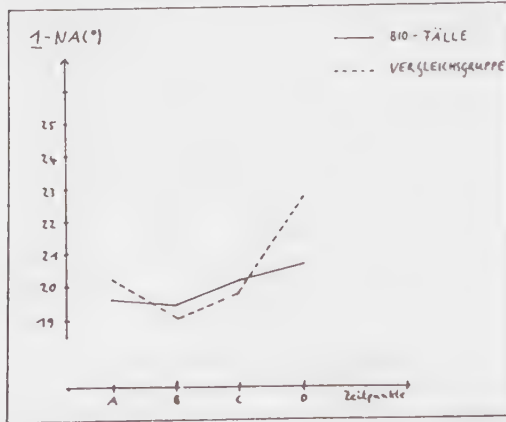
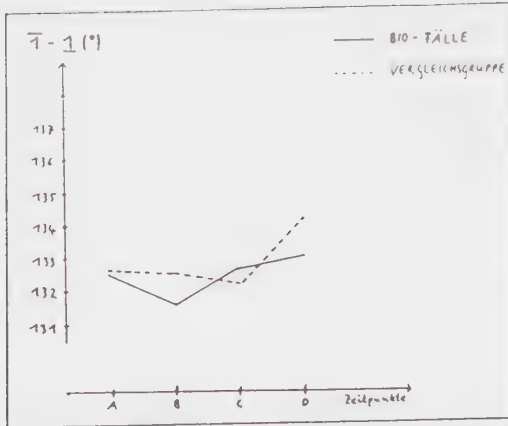
9.2. Graphische Darstellung der Variablen der Kephalometrie nach Hasund von den BIO-Fällen und der Vergleichsgruppe über alle vier beobachteten Zeitpunkte.

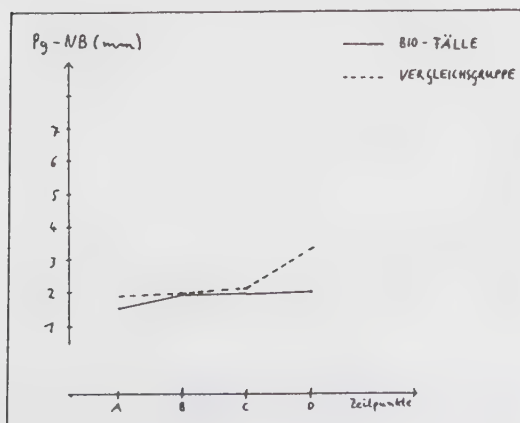
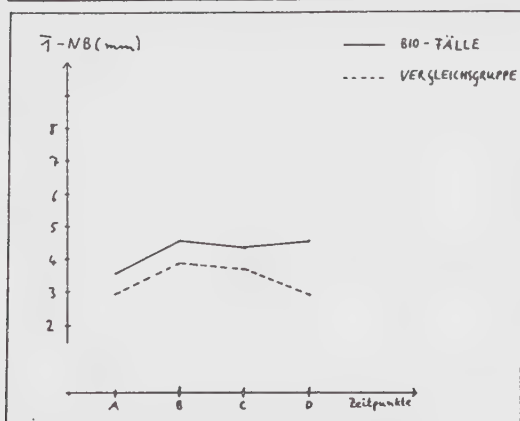
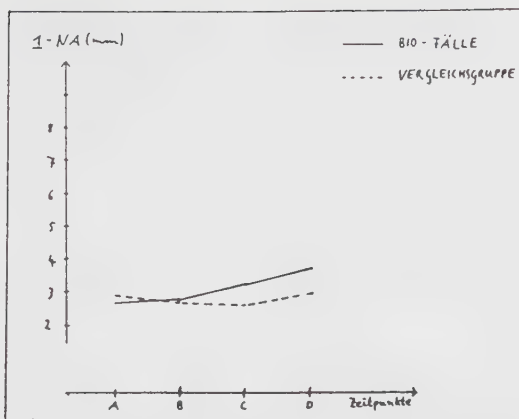


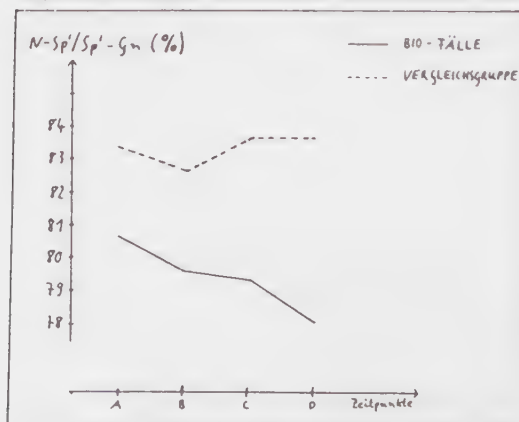
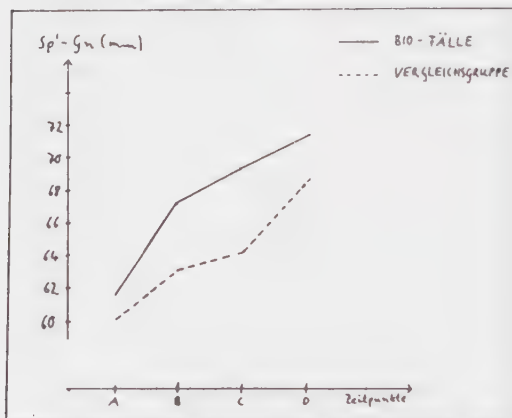
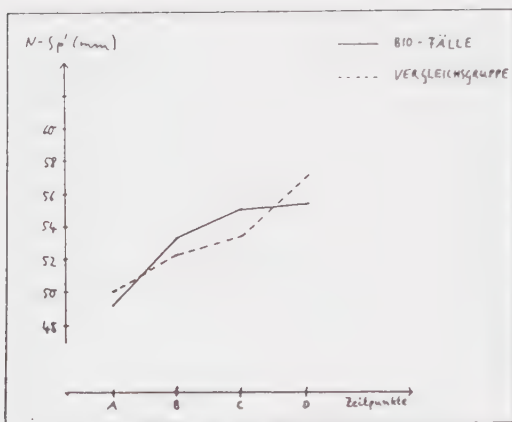












10. DANKSAGUNG

Bei allen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich mich recht herzlich bedanken.

Mein Dank gilt insbesondere:

Frau Prof. Dr. Ingrid Janson für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die engagierte und freundliche Unterstützung während der Arbeit;

Herrn Prof. Dr. F. Ascher und Herrn Prof. Dr. A. Stahl für die Übernahme des Korreferates;

Herrn Dr.med. Dr.med.dent. Michael Janson, Dr.odont. Univ. Bergen, für die Beratung und Hilfestellung bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder sowie bei statistischen Fragen;

Herrn Prof. Dr. Ernst Unsin für die statistische Auswertung des vorliegenden Untersuchungsmaterials;

Frau Lydia Mayer und Fräulein Doris Klene von der Praxis Dres. Janson, die mir bei der Durchsicht des kieferorthopädischen Archivs zur Seite standen und für alle Schreibarbeiten zuständig waren.

Lebenslauf

Name:	Anton Euba
Geburtsdatum:	18. April 1958
Geburtsort:	Hörzhausen
Vater:	Karl Euba
Mutter:	Theresia Euba, geb. Fleischmann
Schulbildung:	1964-1969 Volksschule Hörzhausen 1969-1978 Gymnasium Schrobenhausen 1978 Allgemeine Hochschulreife
Studium der Zahnheilkunde:	1980-1985 Ludwig Maximilians- Universität in München 1983-1986 Promotion bei Frau Prof. Dr. Janson, München 1986 Erhalt der Approbation

